Anleitung

zur

genauen Bestimmung des Ganges und Standes

der Uhren.

Ein unentbehrliches Handbuch

für

Uhrmacher und Freunde der Astronomie,

so wie für Alle,

die einer sichern Zeitkenntniß bedürfen, als Gutsbesitzer,
Geistliche und Schullehrer auf dem Lande.

Von

G. A. Jahn,

Dr. philos. und Lehrer der Mathematik.

Mit 11 Tabellen und 2 Figurentafeln.

Leipzig, 1842.
Gebrüder Reichenbach.

Vorwort.

Sehr oft habe ich Uhrmacher, Freunde der Astronomie und überhaupt solche, die einer sichern Zeitkenntniß bedürfen, klagen hören, daß es sehr schwierig sei, täglich die mittlere Zeit zuverlässig zu erfahren. Entweder ist keine Gelegenheit vorhanden, die genaue Kenntniß der mittlern Zeit, nach welcher jetzt fast alle, zum öffentlichen Gebrauch bestimmte, Uhren regulirt und gestellt werden, von einer Sternwarte sich zu verschaffen; oder man kann, und dieß ist der gewöhnlichste Fall, aus Mangel hinreichend mathematisch-astronomischer Kenntnisse und Instrumente den Gang einer Uhr nicht selbst bestimmen. Nun sind zwar, im Bezug auf diesen letztern Fall, schon in frühern Zeiten, manche Schriften, wie z. B. „Müllers gemeinnützige astronomische Tafeln (hauptsächlich zur richtigen Stellung der Uhren) u. s. w. Leipzig 1792" erschienen. Allein vielfältige Erfahrungen sowohl, als auch der Um-

*

stand, daß in der neuern Zeit der Unterricht in Volksschulen, der Zustand der Instrumente und Beobachtungsmethoden, u. s. w. besser und strengeren Anforderungen genügender geworden sind, zeigen nur zu deutlich, wie wenig ausreichend jetzt solche Schriften sein müssen. Auch haben selbst ausgezeichnete Uhrmacher mir öfters versichert, daß ihnen manche der bisher erschienenen Schriften über die genaue Bestimmung des Ganges und Standes der Uhren nicht viel genutzt hätte. Daher habe ich es für zeitgemäß und sehr nützlich gehalten, vorliegendes von mir abgefaßtes Werkchen herauszugeben. In demselben suche ich hauptsächlich zwei Arten von Lesern zu dienen. Erstens sind von mir verschiedene Methoden, die Zeit und folglich auch die Fehler einer Uhr zu bestimmen, vorgetragen, die keine eigentlich gelehrten und schwierigen Beobachtungen, so wie keine Anwendung kostbarer Instrumente erfordern. Es werden daher alle, wie z. B. Uhrmacher in kleinen Städten, Schullehrer und Küster auf dem Lande, die einfache Rechnungen zu machen verstehn und sich ganz einfache Beobachtungswerkzeuge leicht anschaffen können, durch die angegebenen Methoden gewiß in den Stand gesetzt sein, überall und jederzeit Uhren selbst zu reguliren und zu stellen. Da es zweitens jetzt dahin gekommen, daß manche der, von den Künstlern angefertigten, Meßwerkzeuge, die für die Bestim-

mung der Zeit aus Beobachtungen weit schärfere Resultate gewähren, doch verhältnißmäßig billig im Preise zu erlangen sind; so wird vielleicht mancher meiner Leser sich ein solches Instrument, z. B. einen Spiegelsextanten, anschaffen können. Für diese Leser nun habe ich einige der bessern Beobachtungswerkzeuge, Beobachtungsmethoden und Berechnungsarten beschrieben, freilich aber in der, hier gewiß nicht ganz unerlaubten, Voraussetzung, daß solche Leser meines Werkchens etwas mehr Rechnungsfertigkeit besitzen und leicht im Stande sind, nach einer einfachen algebraisch-trigonometrischen Formel das gesuchte Resultat mittelst Anwendung der Logarithmen und der, diesem Buche beigefügten, Hilfstafeln zu bestimmen. Es giebt außerdem in manchen Städten, die keine Sternwarte als öffentliches Institut besitzen, gewiß Uhrmacher und andere Freunde der praktischen Astronomie, welche zugleich die Stellung einer oder mehrerer öffentlichen Uhren zu besorgen haben. Von allen diesen Personen darf und kann man nun wohl erwarten, daß sie Beobachtungen mit einem guten Instrumente geschickt anzustellen, und aus den angestellten Beobachtungen alsdann die Zeit und den Stand der Uhr mittelst scharfer Berechnungen genau zu bestimmen wissen.

Es wird mich sehr freuen, wenn ich erfahre, daß mein Buch nicht nur von denen, die desselben bedürfen,

zur Hand genommen und mit dem Nutzen gebraucht wird, welchen zu stiften ich durch die Herausgabe mir vorgenommen habe, sondern auch den Beifall der Sachkenner überhaupt erlangt.

Leipzig, den 1. März 1842.

Dr. Gustav Jahn.

Inhalt.

Erstes Kapitel.

Von dem Tage und seiner Eintheilung in Stunden.

Zweites Kapitel.

Von der wahren Sonnenzeit.

Drittes Kapitel.

Von den Sonnenuhren.

Neuntes Kapitel.

Von der Zeitgleichung oder von der mittlern Zeit im wahren Mittage.

Zehntes Kapitel.

Von der Sternzeit.

Elftes Kapitel.

Von der Bestimmung des Ganges einer Pendeluhr oder eines Chronometers aus Beobachtungen.

Zwölftes Kapitel.

Von den Sternbildern und wichtigsten Fixsternen des nördlichen Himmels.

Dreizehntes Kapitel.

Von der Bestimmung des Standes einer Pendeluhr oder einer Taschenuhr aus Beobachtungen.

Vierzehntes Kapitel.

Von der Mittagslinie und dem Passageninstrument.

Fünfzehntes Kapitel.

Von der Bestimmung der Zeit, durch Beobachtungen mit dem Passageninstrument.

Siebzehntes Kapitel.

Von dem Nonius und der Libelle.

Achtzehntes Kapitel.

Von den Fernröhren.

Neunzehntes Kapitel.

Von dem Barometer und Thermometer.

A) Das Barometer.

B) Das Thermometer.

Zwanzigstes Kapitel.

Von der Anwendung der astronomischen Refractionstafeln.

Ein und zwanzigstes Kapitel.

Von dem Mittagsfernrohr.

Zwei und zwanzigstes Kapitel.

Verschiedene andere Methoden, den Stand der Uhr aus Beobachtungen scharf zu bestimmen.

Drei und zwanzigstes Kapitel.

Von der Bestimmung des Unterschiedes der Uhrzeiten im wahren Mittage zweier Orte.

Anhang.

Elf Hilfstafeln.

Erstes Kapitel.

Von dem Tage und seiner Eintheilung in Stunden.

§. 1. In den ältesten Zeiten wurde sehr wahrscheinlich unter einem Tage diejenige Zeit verstanden, welche von einem Sonnenaufgang bis zum nächsten Sonnenuntergang verstreicht. Ein solcher Tag mag die allererste Zeitabtheilung gewesen sein. Hierzu kam vermuthlich auch die Nacht, d. h. die von einem Sonnenuntergang bis zum nächsten Sonnenaufgang verstreichende Zeit, als zweite Zeitabtheilung. Ferner scheint die Eintheilung jedes dieser beiden Zeiträume in zwölf gleiche, Stunden genannte, Theile eben so alt zu sein. Indessen entdeckte man bald, daß diese Tage, also auch diese Stunden, in den verschiedenen Jahreszeiten von verschiedener Dauer waren. Ferner wurde wahrgenommen, daß die Tage mit den Jahreszeiten in demselben Grade zunahmen, als die Nächte abnahmen, und daß dieses später im umgekehrten Sinne stattfand. Durch diese beiden Erfahrungen nun ward man bewogen, diesen Tag und diese Nacht zusammen zu nehmen und unter der Benennung Tag zu begreifen, der jetzt 24 gleiche Theile oder Stunden erhielt. In diesem Sinne wird also seitdem der Tag mit seinen Stunden verstanden.

§. 2. Hinsichtlich des Anfangs des Tages aber und der Zählung seiner Stunden entstanden schon in den ältesten Zeiten mancherlei Abweichungen. Die Juden und die Athenienser fingen den Tag mit Sonnenuntergang,

die Babylonier mit Sonnenaufgang an, obgleich sie hierdurch auf nicht geringe Unbequemlichkeiten im öffentlichen Leben stießen. Diese Unbequemlichkeiten kann man z. B. in Italien erfahren, wo man den, in 24 Stunden eingetheilten, Tag noch jetzt mit dem Untergang der Sonne beginnt. Dort fällt um die Mitte des Monats Juli der Sonnenaufgang in die achte, der Mittag in die sechszehnte (italienische) Stunde, in der Mitte des Monats März und September aber der Aufgang der Sonne in die zwölfte und der Mittag in die achtzehnte (italienische) Stunde. Es fallen also in Italien die Zeitpunkte für die täglichen Verrichtungen nach und nach in andere Stunden. Die Römer hatten eine bessere Art, den Tag und die Zählung seiner Stunden anzufangen, im Gebrauch. Sie fingen nämlich jeden Tag von 24 Stunden mit der Mitternacht an. Diese zweckmäßige Einrichtung besteht seit mehrern Jahrhunderten in der bürgerlichen Zeitrechnung durch ganz Europa (Italien ausgenommen, wie bereits erwähnt worden), nur mit dem Unterschiede, daß man die Stunden von Mitternacht bis Mittag von 0 bis 12 zählt, und diese Zählung dann von Mittag bis Mitternacht wiederholt.

§. 3. Die Astronomen fangen den Tag mit dem Mittag an, indem die Sonne, welche sie ehedem ausschließlich zur Bestimmung der Zeit anwandten, zur Mittagszeit am wolkenlosen Himmel beobachtet werden kann, welche Beobachtung zur Zeit der Mitternacht natürlich nicht möglich ist. Da nun die Astronomen überdieß von einem Mittag zum andern die Stunden von 0 bis 24 fortzählen, so ist der astronomische Tag offenbar stets 12 Stunden hinter dem bürgerlichen Tage zurück. Wenn daher z. B. gesagt wird, der Anfang einer Sonnenfinsterniß habe den 16. Nov. um 4½ Uhr stattgefunden, so

ist diese Angabe nach bürgerlicher Rechnung ebenfalls den 16. Nov. um $4^1/_2$ Uhr Nachmittags zu nehmen; und wenn in astronomischer Rechnungsweise der 10. Juli um $21^3/_4$ Uhr erwähnt wird, so ist diese Zeitangabe nach der gewöhnlichen Weise der 11. Juli um $9^3/_4$ Uhr Morgens.

§. 4. Der Gebrauch nun, im öffentlichen Leben den Tag mit dem Eintritt der Mitternacht, bei astronomischen Beobachtungen und Rechnungen mit dem Eintritt des Mittags anzufangen, ist also der Art, den Tag mit Sonnenauf- oder Untergang anzufangen, weit vorzuziehen. Dennoch bleibt selbst dieser mit Mitternacht oder Mittag sich anfangende Tag zu den verschiedenen Jahreszeiten noch von einer ungleichen Länge, obschon diese Ungleichheit nicht mehr so groß ist als die, von welcher wir oben sprachen.

Zweites Kapitel.

Von der wahren Sonnenzeit.

§. 5. Schon zu den ältesten Zeiten bemerkte man während des Tages das allmälige Höhersteigen der Sonne, bis dieselbe die größte Höhe erreichte, so wie ihr hierauf erfolgendes allmäliges Herabsteigen. Ferner sah man die Sonne ihren täglichen Lauf bloß in der nämlichen Gegend des Himmels wiederholen. Endlich wurde man, wie schon erwähnt, gewahr, daß die Tage nicht stets von gleicher Dauer blieben und daß die tägliche größte Sonnenhöhe sich ebenfalls verschieden zeigte. Dagegen fand sich später durch Beobachtungen, daß die tägliche größte Höhe der Sonne genau eben so lange nach dem Aufgang derselben als vor Sonnenuntergang stattfinde, weshalb man den Zeitpunkt, in welchem die Sonne ihre größte Höhe

über dem Horizont*) erreicht, den Mittag nannte. Jetzt nennt man den Augenblick, da dieß genau eintritt, den wahren Mittag, zum Unterschied von dem später vorkommenden mittlern Mittage. Man pflegt, wenn die Sonne im Augenblicke des wahren Mittags die größte Höhe erreicht, zu sagen: die Sonne culminirt oder auch: es findet die Culmination**) der Sonne statt. Die Zeit nun, welche von einem wahren Mittage zum andern (d. h. von einer Culmination der Sonne zur andern Culmination derselben) verfließt, wird der wahre Sonnentag genannt, dessen Anfang und Dauer folglich von dem Stande und Laufe der Sonne abhängt. Dieser Sonnentag wird in 24 Stunden eingetheilt, die aber, als Theile des Sonnentages, eben so wie dieser von ungleicher Länge zu verschiedenen Zeiten des Jahres ausfallen müssen, da sie durch die bekanntlich ungleichförmige Bewegung der Sonne abgemessen werden. Hiernach wird die Erklärung, daß man unter wahrer Sonnenzeit stets eine solche Zeitangabe versteht, welche durch wahre Sonnentage und deren Stunden ausgedrückt ist, leicht verständlich sein. Wie es sich übrigens mit dem ungleichförmigen Laufe der Sonne verhalte, wird im achten Kapitel gezeigt werden.

Drittes Kapitel.

Von den Sonnenuhren.

§. 6. Schon im Alterthume begnügte man sich nicht, die Zeit durch die bloße Betrachtung des Standes der

---

*) Der Horizont oder Gesichtskreis ist die Begrenzung der uns auf einmal sichtbaren Erdoberfläche durch das scheinbare Himmelsgewölbe.

**) Die Astronomen sagen dafür öfters: die Sonne tritt in den Meridian. Was man unter dem Meridian zu verstehen habe, wird im §. 7. gezeigt werden.

Sonne oder der Länge der Schatten von Gegenständen zu beurtheilen, weil diese Beurtheilung eine nur sehr oberflächliche Kenntniß der Zeit verschaffen konnte. Dieß, und eine gewisse aufmerksame Betrachtung der Schattenlängen, gab die Veranlassung zur Entstehung des ersten, zur Zeitangabe weit genauer dienenden, Instruments. Dieses Instrument war die Sonnenuhr. Vitruvius giebt mehrere Arten von Sonnenuhren an. Delambre erwähnt eine in Delos ausgegrabene Sonnenuhr mit dem Bemerken, daß dieselbe eine ziemlich richtige Kenntniß von den allerersten Sonnenuhren verschaffe. In Rom wurde, wie Plinius erzählt, die erste Sonnenuhr 263 J. vor Chr. Geb. von Valerius Messala aufgestellt, ungeachtet sie für Catanea eingerichtet gewesen und daher ihren Zweck nicht erfüllen konnte. Deßhalb wurde diese Sonnenuhr verbessert, was freilich erst weit später geschah.

§. 7. Wir wollen jetzt, damit das, was über die Sonnenuhren, deren Verfertigung und Anwendung zu sagen ist, leicht verstanden werde, folgende Bemerkungen vorausschicken. Schon frühzeitig fand man durch ziemlich genaue Beobachtungen, daß alle die Punkte des Himmels, in welchen der Mittelpunkt der Sonne genau die größte Höhe über dem Horizonte zu den verschiedenen Zeiten des Jahres erreicht, in einem Bogen unter einander liegen und daß dieser Bogen (der Himmelskugel) nicht nur senkrecht auf dem Horizont stehet, sondern auch, wenn er an der uns sichtbaren Himmelskugel soweit verlängert wird, daß er wieder den Horizont trifft, dieses in einem Punkte geschieht, der jenem zuerst erwähnten Durchschnittspunkte genau um den halben Umfang des Horizonts, d. h. um 180 Grade, gegenüber liegt. Werden nun beide Punkte des Horizonts durch eine, auf der Erdoberfläche gezogen gedachte, Linie mit einander verbunden, so heißt diese

Linie die Mittagslinie des Beobachtungsortes, welcher in der Mitte dieser Mittagslinie und des auf einmal sichtbaren Theils der Erdoberfläche liegt. Denkt man sich ferner vom Beobachtungsorte aus eine, auf der Horizontalebene senkrecht stehende, gerade Linie verlängert bis an das Himmelsgewölbe, so wird dieses von der nur ebenerwähnten Linie (Lothlinie) in einem Punkte getroffen, welcher das Zenith oder der Scheitelpunkt genannt wird. Der Halbkreis, in welchem, wie oben bemerkt wurde, alle Culminationen der Sonne stattfinden, geht zugleich durch das Zenith und durch den sichtbaren Pol des Himmels. Dieser Halbkreis heißt der Mittagskreis oder der Meridian des Beobachtungsortes. Die Sonne und alle Sterne erreichen bei ihrem Eintritt in den Meridian die größte Höhe über dem Horizonte, und man sagt dann von ihnen, sie culminiren. Denkt man sich durch den Fußpunkt seines Beobachtungsortes auf der, als eben und horizontal angenommenen, Erdoberfläche eine die Mittagslinie rechtwinklig durchschneidende gerade Linie bis an den Horizont gezogen, so wird der letztere durch diese Linie und durch die Mittagslinie in vier gleiche Theile getheilt, deren Theilpunkte die Namen Süd oder Mittag, Nord oder Mitternacht, Ost oder Morgen, West oder Abend, und zwar aus folgenden Gründen erhalten haben. Der Punkt des Horizonts nämlich, oder der eine Endpunkt der Mittagslinie, welcher nach der Gegend des Meridians zu liegt, in welcher die Mittagshöhen der Sonne stattfinden, heißt Süd. Dem Südpunkte gegenüber heißt der andere Endpunkt der Mittagslinie Nord, weil, wie die Astronomie lehrt, nach dieser Gegend zu unter dem Horizonte derjenige Theil des Meridians sich befindet, wo die Sonne und alle Sterne ihre größte Tiefe unter dem Horizonte erreichen,

auch die Sonne im Augenblicke der Mitternacht in den Meridian unter unserm Gesichtskreise eintritt. Wenden wir nun unsern Blick nach Norden, so heißt der uns zur Rechten im Horizonte liegende dritte Theilpunkt Ost, weil in dieser Gegend des Himmels die Sonne aufgehet und endlich der, dem Ostpunkt gerade gegenüber uns zur Linken im Horizonte liegende, vierte Theilpunkt West, weil in dieser Gegend des Himmels die Sonne untergehet. — Wenn man in einer heitern Nacht den gestirnten Himmel mehrere Stunden hindurch aufmerksam betrachtet, so wird man bald finden, daß alle Sterne sich von Osten nach Westen fortbewegen und daß es unter ihnen viele giebt, die weder auf-, noch untergehen, sondern durch ihre tägliche Bewegung Kreise über dem Horizonte am Himmel beschreiben. Man wird ferner wahrnehmen, daß diese Kreise an einer gewissen Stelle der Himmelskugel immer kleiner und kleiner werden, je näher die Sterne einem gewissen Punkte des Himmels stehen, bei welchem sich ein heller Stern befindet, der fast gar nicht sich zu bewegen scheint. Der erwähnte gewisse Punkt nun, welcher zwischen dem Zenith und dem Nordpunkte im Meridiane liegt, ist der Nordpol des Himmels und der ihm sehr nahe stehende helle Stern heißt der sogenannte Polarstern, an der Schwanzspitze des unter dem Namen des kleinen Bären bekannten Sternbildes. Denkt man sich jetzt vom Nordpole aus eine gerade Linie nach seinem Beobachtungsorte gezogen und hierauf durch die Erde hindurch so weit verlängert, bis sie auf die uns unsichtbare Hälfte der Himmelskugel wieder auftrifft; so heißt dann diese Linie die Weltaxe, deren zweiter uns verborgener Endpunkt der Südpol des Himmels genannt wird. Ferner ist der Theil der Weltaxe, welche durch die Erdkugel und deren Mittelpunkt gehet, die Erdaxe,

deren beide an der Oberfläche der Erdkugel befindliche Endpunkte der Nordpol und der Südpol der Erde genannt werden. Um die Weltaxe aber drehet sich scheinbar die gestirnte Himmelskugel binnen 24 Stunden einmal, um die Erdaxe dagegen wirklich die Erdkugel in derselben Zeit herum. Endlich heißt der Winkel, den die Welt- oder Polaraxe mit der Horizontalebene des Beobachtungsortes macht, die Polhöhe desselben, die einerlei ist mit der Größe desjenigen Theils des Meridians, welcher zwischen dem Nordpunkte des Horizonts und dem Nordpole liegt. Uebrigens lehrt die mathematische Geographie, daß die Polhöhe eines Ortes gleich dessen geographischer Breite ist. Unter geographischer Breite eines Ortes aber versteht man die in Graden gemessene kürzeste Entfernung dieses Ortes vom Erdäquator. — Die Wichtigkeit der Mittagslinie, des Zeniths und Meridians, der vier Himmelsgegenden, des Nordpols und Polarsterns, der Weltaxe und des Südpols ist groß, und wir haben diese Namen und die durch sie bezeichneten Begriffe wohl zu merken, da sie in der Folge fast beständig vorkommen werden.

§. 8. Wir wollen nun fortfahren, über die Sonnenuhren uns zu unterhalten. Wir wissen bereits, daß die Zeit zwischen zwei nächsten Culminationen der Sonne den wahren Sonnentag ausmacht, der im Augenblicke der Culmination beginnt und in 24 Stunden getheilt wird, welche den 360 Graden entsprechen, die von der Sonne während der Dauer eines solchen Sonnentages am Himmel durchlaufen werden. Rückt alsdann die Sonne von ihrer Culmination aus dem Meridiane eines bestimmten Ortes der Erde um 15 Grade des Aequators*) des Himmels

*) Der Aequator des Himmels ist ein sogenannter größter Kreis der Himmelssphäre, und steht in allen seinen Theilen gleichweit, nämlich um 90 Grade, von den Weltpolen ab.

weiter jen West, so ist es an diesem Orte um 1, 2, 3, 4 u. s. w. Uhr wahre Sonnenzeit, sobald die Sonne 15, 30, 45, 60 u. s. w. Grade weiter westwärts gerückt ist. Diese wahre Sonnenzeit ist folglich diejenige Zeit, welche die Sonnenuhren, sobald sie richtig construirt sind, mittelst des Schattens angeben. Der Grund also, auf welchem die Construction und der Gebrauch der Sonnenuhren beruhet, ist der tägliche scheinbare Lauf der Sonne um die Erde. Dieser Lauf erzeugt mithin die veränderliche Lage des Schattens, den die von der Sonne beschienenen Körper hinter sich werfen. Hiernach sieht man ein, wie die stets sich ändernde Richtung des Schattens eines Stiftes auf einer Fläche zur Zeitbestimmung benutzt werden kann.

§. 9. Es soll jetzt auf möglichst verständliche Weise gezeigt werden, wie man an jedem gegebenen Orte der Erdoberfläche und auf jeder verlangten Ebene (oder auch krummen Fläche) ohne große Mühe und viele Vorkenntnisse eine, mit völlig hinreichender Genauigkeit verfertigte, Sonnenuhr so zu Stande bringen kann, daß dieselbe alsdann die wahre Sonnenzeit ganz zuverlässig weiset.

Wegen der ungeheuern Entfernung der Sonne von der Erde wird es wohl erlaubt sein, nicht nur jeden auf der Erdoberfläche gelegenen Ort ohne einen merklichen Fehler für den Mittelpunkt der Erdkugel selbst, sondern auch den scheinbaren täglichen Lauf der Sonne um die Erde nicht, wie es wirklich der Fall, spiralförmig, sondern nur kreisförmig, d. h. genau parallel mit dem Aequator des Himmels erfolgend, anzunehmen. Indessen führen diese beiden Annahmen zu der unerläßlichen wichtigen Bedingung, daß der Stift der zu construirenden Sonnenuhr in der Ebene des Meridians liege und zugleich mit der Horizontalfläche des Ortes, an welchem die Sonnenuhr aufgestellt werden soll, einen Winkel mache,

welcher mit der Polhöhe oder der geographischen Breite dieses Ortes übereinstimmt. Die Lage der Meridianebene werden wir erhalteu, sobald uns die Richtung der Mittagslinie bekannt ist.

§. 10. Unter den vielen Methoden aber, die Richtung der Mittagslinie zu erforschen oder, was dasselbe ist, die Mittagslinie zu ziehen, ist die folgende gewiß die einfachste und für unsern jetzigen Zweck ziemlich genaueste, zumal wenn man diese Methode um die Zeit der längsten Tage befolgt. Man nehme ein ganz eben gehobeltes Bret, überziehe es mit weißem Papier, beschreibe aus einem, auf dem Papier in der Mitte angenommenen, Punkte mehrere Kreise von beliebiger Größe, und stecke in ihren gemeinschaftlichen Mittelpunkt einen dünnen doch geraden Stift so fest, daß der Stift vollkommen senkrecht auf dem Brete stehet. An einem Orte nun, wo das Bret den ganzen Tag über vom Sonnenschein getroffen werden kann, stelle man es mit Hilfe einer Setzwaage vollkommen horizontal und sorge dafür, daß es aus der ihm einmal gegebenen Lage nicht verrückt werde. An einem heitern Tage bemerke man dann in jedem der gezogenen Kreise diejenigen beiden Punkte, auf die Vor- und Nachmittags das Schattenende des Stiftes fällt, nehme die Mitte zwischen zwei solchen Punkten des nämlichen Kreises, und ziehe endlich durch diese gefundene Mitte und durch den Fußpunkt des Stiftes eine gerade Linie, so ist diese letztere die gesuchte Mittagslinie. Im Allgemeinen würde ein einziger Kreis schon hinreichen; indessen zieht man deshalb mehrere, um ein sicheres Resultat zu erlangen. Die Mittagslinien nämlich, die man so erhält, müssen sämmtlich in e i n e gerade Linie zusammenfallen. Sollten sie daher ein wenig unter einander abweichen, so nehme man das Mittel aus allen. Denkt man sich durch

diese gefundene Mittagslinie eine Ebene senkrecht auf das horizontal stehende Bret, so ist diese Ebene die gesuchte Ebene des Meridians oder die Mittagsfläche des Beobachtungsortes.

§. 11. Man nehme hierauf (Fig. 1.) eine Platte MN, auf welcher die Sonnenuhr verzeichnet werden soll, wähle in ihr einen Punkt C, beschreibe aus C einen beliebigen Kreis und theile diesen in 24 gleiche Theile, welche die Stunden geben. Die Vormittags- oder Morgenstunden 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 werden auf der Seite, wo M stehet, und die Nachmittags- oder Abendstunden 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 auf der andern Seite, wo N stehet, angeschrieben. In C stecke man einen Stift, der hier und bei allen andern Sonnenuhren der Zeiger oder Weiser genannt wird, fest ein und zwar so, daß er auf der Ebene der Platte rechtwinklig stehet. Hierauf stelle man die Platte so auf, daß nicht nur die Linie CA in die Ebene des Meridians zu liegen kommt und folglich der Punkt A gegen Süden gerichtet ist, sondern daß auch die Ebene der Platte MN mit einem horizontal gestellten Tischblatt einen Winkel macht, welcher gleich ist der Äquatorhöhe,*) des Ortes, für welchen die Sonnenuhr gebraucht werden soll. Die so angefertigte und gestellte Sonnenuhr ist die einfachste aller Sonnenuhren und heißt eine Aequinoctialuhr. Dieselbe wird aber auch an jedem andern Orte der Erde die wahre Sonnenzeit weisen, wenn man nur die Platte MN gegen den Horizont des gewählten Ortes um dessen Aequatorhöhe genau neiget und den Weiser in die Mittagsfläche bringt, so wird der Weiser mit der Weltaxe parallel sein und der Schatten des Weisers

---

*) Die Aequatorhöhe eines Ortes erhält man, wenn man die geographische Breite dieses Ortes von 90 Grad abziehet.

im Augenblicke der Culmination der Sonne in die Linie CA fallen.

§. 12. Weil jedoch die sogenannten Horizontaluhren weit gewöhnlicher und bequemer als die Äquinoctialuhren sind, indem jene, sobald sie von der Sonne beschienen werden, auch alle Tagesstunden, so lange die Sonne über dem Horizonte steht, angeben; so wollen wir jetzt die Construction und Aufstellung einer Horizontaluhr ausführlich mittheilen.

Man ziehe auf einer zur Uhr bestimmten Platte MNBA eine gerade Linie CS (Fig. 2.) als vorzustellende Mittagslinie, ferner durch C die Linie CP von beliebiger Länge, jedoch so, daß der hierdurch entstehende Winkel PCS gleich groß mit der geographischen Breite des Ortes werde, für welchen die Sonnenuhr in Gebrauch kommen soll. Im Punkte P errichte man auf CP senkrecht die Gerade PR, welche die Linie CS in R treffen wird. Man nehme nun auf der CS den Theil RS eben so groß wie RP an und beschreibe aus S als Mittelpunkt den Quadranten RF, theile diesen in 6 gleiche Theile, ziehe ferner von S aus durch die gefundenen 5 Theilungspunkte gerade Linien Sa, Sb, Sc, Sd und Se bis an diejenige gerade Linie, welche, durch R hindurchgehend, rechtwinklig mit CS gezogen ist. Ferner ziehe man von C aus durch die Punkte a, b, c, d, und e gerade Linien bis an den Rand der Platte, verlängere CS bis an den Rand derselben und ziehe durch C eine gerade Linie, welche die CS rechtwinklig durchschneidet; so hat man jetzt die gesuchten Schattenlinien der Horizontaluhr für die einzelnen Vormittagsstunden, deren Zahlen man anschreibt, wie die Anschauung der Figur lehrt. Um nun auch die gesuchten Schattenlinien der Horizontaluhr für die einzelnen Nachmittagsstunden zu erhalten, braucht

man nur auf der linken Seite der CS von R aus die Theile Ra' = Ra, Rb' = Rb Rc' = Rc, Rd' = Rd und Re' = Re auf der durch R gezogenen, die CS rechtwinklig durchschneidenden, Linie abzutragen, alsdann von C aus durch die Punkte a', b', c', d' und e' gerade Linien bis an den Rand der Platte MNBA zu ziehen, und so hier die Stundenzahlen anzuschreiben, wie sie in der Figur angegeben sind. Es ist übrigens leicht einzusehen, daß, wenn die Verzeichnung der Schattenlinien für die halben und Viertelstunden noch verlangt wird, man nur nöthig hat, jeden der 6 Theile des Quadranten noch in 4 gleiche Theile zu theilen und für diese Unterabtheilungen nachher eben so zu verfahren, wie bei der so eben vorgetragenen Construction der Schattenlinien für die ganzen Stunden. Damit endlich eine solche Horizontaluhr die wahre Sonnenzeit des Ortes, für den sie angefertigt worden, genau anzugeben im Stande ist, muß, nachdem im Punkte C der Weiser so befestigt worden, daß er mit der Linie CS einen, mit der geographischen Breite des Ortes gleichen, Winkel bildet, die Platte MNBA völlig horizontal und so gestellt werden, daß die Linie SC genau in der Richtung der Mittagslinie liegt.

Anmerkung. Wenn jemand dieser Construction, die einfach genug ist, dennoch überhoben sein wollte, so kann er, sobald sein Wohnort eine geographische Breite von 51 bis 52 Grad hat, in nachstehendem Täfelchen diejenige Verticalcolumne wählen, welche oben diejenige Anzahl von Graden und Minuten enthält, welche der geographischen Breite seines Wohnortes am nächsten kommt. Dann enthält diese gewählte Verticalcolumne die Winkel in Graden und Minuten, welche, von der Mittagslinie an gerechnet, zu beiden Seiten derselben mittelst eines Transporteurs gezeichnet werden müssen, um die Stundenlinien der Horizontalsonnenuhr sofort zu erhalten.

Vorm.	51° 0'	51° 10'	51° 20'	51° 30'	51° 40'	51° 50'	51° 60'	Nachm.
U. M.								U. M.
11 45	2° 55'	2° 55'	2° 56'	2° 56'	2° 57'	2° 57'	2° 57'	0 15
11 30	5 50	5 51	5 52	5 53	5 54	5 54	5 55	0 30
11 15	8 47	8 49	8 50	8 51	8 52	8 53	8 55	0 45
11 0	11 46	11 47	11 49	11 51	11 52	11 54	11 55	1 0
10 45	14 47	14 49	14 51	14 53	14 55	14 57	14 59	1 15
10 30	17 51	17 53	17 55	17 58	18 0	18 2	18 5	1 30
10 15	20 58	21 1	21 4	21 6	21 9	21 12	21 14	1 45
10 0	24 10	24 13	24 16	24 19	24 22	24 25	24 27	2 0
9 45	27 26	27 30	27 33	27 36	27 40	27 43	27 46	2 15
9 30	30 48	30 52	30 56	30 59	31 3	31 6	31 10	2 30
9 15	34 17	34 20	34 24	34 28	34 31	34 35	34 39	2 45
9 0	37 51	37 55	37 59	38 3	38 7	38 11	38 14	3 0
8 45	41 33	41 37	41 41	41 45	41 49	41 53	41 57	3 15
8 30	45 22	45 26	45 30	45 34	45 38	45 42	45 46	3 30
8 15	49 19	49 23	49 27	49 31	49 35	49 38	49 42	3 45
8 0	53 24	53 28	53 31	53 35	53 39	53 43	53 46	4 0
7 45	57 36	57 40	57 43	57 47	57 51	57 54	57 58	4 15
7 30	61 57	62 0	62 3	62 7	62 10	62 13	62 16	4 30
7 15	66 24	66 27	66 30	66 33	66 36	66 39	66 42	4 45
7 0	70 59	71 1	71 4	71 6	71 8	71 11	71 13	5 0
6 45	75 39	75 41	75 43	75 44	75 46	75 48	75 50	5 15
6 30	80 23	80 24	80 26	80 27	80 29	80 30	80 31	5 30
6 15	85 11	85 12	85 12	85 13	85 13	85 14	85 14	5 45
6 0	90 0	90 0	90 0	90 0	90 0	90 0	90 0	6 0
5 45	94 49	94 48	94 48	94 47	94 47	94 46	94 46	6 15
5 30	99 37	99 36	99 34	99 33	99 31	99 30	99 29	6 30
5 15	104 21	104 19	104 17	104 16	104 14	104 12	104 10	6 45
5 0	109 1	108 59	108 56	108 54	108 52	108 49	108 47	7 0

Uebrigens mag hier die Bemerkung nicht überflüssig sein, daß die Horizontaluhren am besten auf Platten von Kupfer oder Zinn, das mit der Zeit an der Luft schwarz wird, gezeichnet werden können. Der Weiser läßt sich dann auf eine solche Platte festlöthen. Nur muß man, soll eine solche Uhr recht genau ausfallen, bei ihrer Verfertigung sogar noch auf die Dicke des Weisers gehörig Rücksicht nehmen.

§. 13. Setzen wir voraus, man habe eine tragbare Horizontaluhr nach der im vorigen §. gegebenen Anweisung auf einer Platte in verhältnißmäßig großer Dimension und mit sorgfältigster Genauigkeit verfertigt; so können wir

(mit Hilfe einer solchen Uhr und ohne zu weitern umständlichen Berechnungen Zuflucht zu nehmen) an jeder senkrechten Mauer irgend eines Gebäudes oder auf irgend einer ebenen, übrigens horizontalen oder geneigten, Fläche eine Sonnenuhr mit völlig hinreichender Zuverlässigkeit verzeichnen. Diese Aufgabe ist aber auch für die Praxis die wichtigste und zugleich der einzige Fall, der im öffentlichen Leben vorkommt, wo die Verfertigung und der Gebrauch von Sonnenuhren, in Ermangelung besserer Hilfsmittel, zu einer genaueren Zeitbestimmung, noch von wesentlichem Nutzen sein kann.

Man stelle zuerst die Horizontaluhr vor der Mauer, auf welcher die verlangte Sonnenuhr verzeichnet werden soll, in einer kleinen Entfernung auf einen feststehenden Tisch, bringe ihre Ebene genau in horizontale Lage, und die zwölfte Stundenlinie in die Richtung des Meridians, so daß die Zahl XII. nach Norden, und die Vormittagsstunden-Zahlen auf die Westseite zu liegen kommen. Nachdem man sich überzeugt hat, daß die so gestellte Horizontaluhr sich alsdann nicht mehr verrücken läßt, befestige man in dem Fußpunkte C des Weisers an diesem einen Faden, der bis an die Mauer reicht, spanne ihn gehörig und so, daß er genau die Verlängerung des Weisers vorstellt, mithin accurat dessen Richtung erhält, und mache den Faden an der Mauer fest. Durch diesen Faden erhält man an der Mauer den Fußpunkt des Zeigers für die neue Uhr und zugleich die Richtung des neuen Stiftes, der daher in dieser Lage an der Mauer befestigt werden muß. Nachdem dieß geschehen, bemerke man mittelst Ziehung von Linien den Schatten des Weisers an der Mauerfläche für diejenigen Augenblicke, in denen die Horizontaluhr, wenn dieselbe gerade von der

Sonne beschienen wird, die bestimmten Stunden des Tages anzeigt, und schreibe endlich die Stundenzahlen an, so wird die verlangte Sonnenuhr an der Mauer vollendet sein. Oder man kann auch so verfahren. Man stecke in die Wand, auf welche die Sonnenuhr verzeichnet werden soll, einen geraden eisernen Stift von mäßiger Dicke und beobachte das Schattenende desselben an einem heitern Tage nach einer gut gehenden Uhr. Man bezeichne dieses Schattenende von Stunde zu Stunde mit einem Punkte, der sich nicht leicht vertilgen läßt. Nach etwa vier Wochen wiederhole man das ganze Verfahren. Nachher ziehe man durch das Paar, derselben Stnnde zugehöriger, Punkte, eine gerade Linie und befestige nun die Zeigerstange auf der Spitze des Stiftes dergestalt, daß der Schatten dieser Zeigerstange in die gezogene Linie fällt, sobald die Uhr die respective Stunde zeigt. Dieß wird aber um desto leichter und genauer geschehen können, sobald die verlängerten Stundenlinien sich in einem Punkte schneiden, weil der Weiser durch diesen Punkt gehen muß. Die aus letztern gezogene Vertikale wird die Mittagslinie werden.

Anmerkung. Alle Arten von Sonnenuhren sind, sobald sie nicht von sehr großer Dimension und nicht mit aller Schärfe entworfen werden, keiner hohen Präcision fähig, weil jeder Schatten bekanntlich eine Verwaschung zeigt, und diese Verwaschung, innerhalb der man die wahre Schattenlinie nicht zu unterscheiden im Stande ist, eine Ungewißheit von zwei Zeitminuten, wie sich leicht zeigen läßt, bei allen Sonnenuhren veranlaßt. Will man übrigens, ohne die Lage der Mittagslinie zu kennen, mittelst tragbarer Sonnenuhren die wahre Sonnenzeit erfahren, so verzeichne man erstlich auf den vier senkrechten Seiten eines accurat gearbeiteten großen Würfels eine sogenannte Mittags- und Mitternachtsuhr, Morgen- und Abenduhr, auf die obere Fläche des Würfels dagegen eine Horizontaluhr, und man braucht alsdann bloß den Würfel gegen die Sonne so lange zu verrücken,

bis die Stifte derjenigen dieser fünf Uhren, die zugleich von der Sonne beschienen sind, dieselbe Stunde zeigen, welche sofort die gesuchte wahre Sonnenzeit sein wird.

Viertes Kapitel.

Von dem Gnomon.

§. 14. Wenn es die Absicht ist, nicht jeden Augenblick zu wissen, welche wahre Sonnenzeit es eben ist, sondern nur die Zeit der Culmination der Sonne, mithin die Zeit des wahren Mittags zu bestimmen; so dient zu dieser Absicht ein Gnomon, d. h. eine aufgerichtete Säule oder eine andere im Großen ausgeführte Vorrichtung, verbunden mit einer entweder wirklich gezogenen oder nur angedeuteten Mittagslinie.

Die Alten gebrauchten spitze, auf ebenem und horizontalem Boden stehende, Säulen. Anaximander wandte, wie Montucla in seiner Geschichte der mathematischen Wissenschaften erzählt, einen solchen Gnomon auch dazu an, die mittägliche Sonnenhöhe zur Zeit beider Solstitien zu messen. In Rom war zur Zeit des Kaisers Augustus ein Obelisk als Gnomon aufgerichtet.

Ein Gnomon, mag er nun in eine scharfe Spitze auslaufen, oder eine dünne senkrechte Stange oder auch eine Kugel tragen, giebt dennoch den Augenblick des wahren Mittags nicht ganz zuverlässig an, wenn auch die, auf dem ebenen, horizontalen Boden gezogene, Mittagslinie hinsichtlich ihrer Richtung ganz genau ist. Denn bei niedrigen Gnomonen geschieht das Fortrücken des Schattens so langsam, daß man den Eintritt der Schattenlinie in die Mittagslinie kaum auf zwei Zeitsekunden sicher zu beobachten im Stande ist; und bei höhern Gnomonen verursacht der sogenannte Halbschatten eine Un-

sicherheit, die mit der Entfernung des den Schatten werfenden Körpers zunimmt, wodurch aber der jetzt erlangte Vortheil eines schnellen Fortrückens des Schattens wieder gänzlich verloren geht.

§. 15. Diese Erfahrungen haben zu einer andern Einrichtung des Gnomons Anlaß gegeben. Man bringt nämlich statt einer, den Schatten werfenden, Säule lieber in ansehnlicher Höhe eine geringe kreisförmige Öffnung in einer undurchsichtigen Platte an, so daß durch diese Öffnung ein kleines Sonnenbild in einen völlig dunkel gemachten Raum auf den horizontalen Boden, in dessen Ebene die Mittagslinie genau eingezeichnet ist, fallen kann. Allerdings wird dann die Bewegung des Sonnenbildes auf dem Boden sehr schnell vor sich gehen, demungeachtet wird der Halbschatten den Rand des Sonnenbildes ein wenig verwaschen zeigen, wodurch die Beobachtung noch immer etwas ungenau bleiben muß. Von den, auf diese Weise eingerichteten, Gnomonen war der im Jahre 1468 von Toscanelli in der Kathedrale zu Florenz angelegte unstreitig der berühmteste, denn er zeichnete sich durch seine Höhe aus, da die Öffnung, durch die das Sonnenlicht einfällt, 277 Fuß über dem Fußboden des Schiffs der Kirche sich befindet. An diesem Gnomon war man, nach der Versicherung des Ximenes, der diese Vorrichtung in einer besondern, zu Florenz 1757 erschienenen, Schrift beschrieben hat, im Stande, den Eintritt der Culmination der Sonne bis auf eine halbe Zeitsekunde sicher zu bestimmen. Dennoch war auch hier die Einwirkung des Halbschattens noch immer nachtheilig. — Le Monnier brachte, um diesem Übelstande abzuhelfen, an dem Gnomon zu St. Sulpice in Paris ein Converglas von 80 Fuß Brennweite an, um scharf begrenzte Sonnenbilder zu erhalten, erreichte jedoch seine Absicht

nur bisweilen, weil bei ungleicher Mittagshöhe der Sonne das Bild derselben auf dem horizontalen Boden in sehr ungleichen Entfernungen lag, für welche jenes Converglas wegen seiner unveränderlichen Brennweite natürlich nicht stets gehörig wirken konnte.

§. 16. Die neueste und beste Art von Gnomonen ist der sogenannte Filargnomon, wo man das Sonnenbild auf einer senkrecht stehenden Wand auffängt, und, der Bequemlichkeit wegen, die durch die Mitte der kleinen kreisförmigen Öffnung gehende Mittagsfläche mittelst eines herabhängenden Fadens bezeichnet. Bohnenberger giebt zur Einrichtung eines sehr brauchbaren Filargnomons folgende Vorschriften. Man befestige oberhalb eines nach Mittag zu gelegenen Fensters, senkrecht auf die Meridianebene, eine Messingplatte nahe parallel mit der Weltaxe, bohre in diese Platte ein Loch von $^1/_{12}$ Zoll Weite und schneide an dem obern Theile dieses Lochs eine Kerbe ein, durch die ein, oben auf der Platte festgemachter, Metallfaden alsdann durchgelassen wird. Diesen Faden ziehe man im Zimmer, der Richtung der Mittagslinie parallel, nach der gegenüber stehenden Wand hin, an welcher eine gegen den Meridian senkrechte Schraube angebracht wird, die in einer Kerbe den Metallfaden aufnimmt. Hierauf spanne man gedachten Metallfaden, senkrecht hängend, durch ein verhältnißmäßig schweres Gewicht, und bringe ihn, indem man, sobald es erforderlich sein sollte, die Stellung der Schraube etwas verändert, in die Mittagslinie. Endlich stelle man hinter den Faden eine weiße Tafel auf, um das Vorübergehen des Sonnenbildes vor dem senkrecht aufgespannten Faden beobachten zu können. — Es versteht sich von selbst, daß die bei jedem Gnomon erforderliche Mittagslinie bereits mit der möglichsten Genauigkeit bestimmt und gezogen sein muß.

Fünftes Kapitel.

Von den Räderuhren überhaupt.

§. 17. Unter dem einfachen Ausdruck **Uhr**, im neuern Sinne des Worts, versteht man allgemein jede zur Abmessung bestimmte, mit Rädern versehene Maschine, die eine gleichförmige Bewegung hat, gleichwie die Zeit, die nach dem uns inwohnenden Begriffe nur gleichförmig fortschreiten kann. Von solchen Maschinen hatten die Alten, welche nur Sonnen-, Sand- und Wasseruhren besaßen, keine Ahnung, obschon sie Manches bereits kannten, was bei unsern Uhren vorkommt, wenn auch nur vereinzelt und nicht zu einem Hauptzweck verbunden. So waren z. B. Räderwerke von macherlei Art zu Archimedes Zeiten schon bekannt. Die eigentliche Erfindung der Räderuhren kann, nach der Meinung des berühmten Ferd. Berthoud, wohl schwerlich von einem einzigen Menschen gemacht worden sein, sondern sie muß als das Product mehrerer vorausgegangenen, geringern Erfindungen, die verschiedenen Zeitaltern angehören, betrachtet werden. Darum darf es auch nicht befremden, daß die erste Geschichte dieser Uhren in große Dunkelheit gehüllt ist. Nur das weiß man mit Bestimmtheit, daß die ersten Räderuhren G e w i c h t u h r e n waren. Die erste Thurmuhr von Bologna soll vom Jahre 1356 sein. Der deutsche Heinrich von Wyck stellte 1364 in dem sogenannten Thurme des Pallastes Karl's V. eine Uhr auf. König Eduard III. von England berief im J. 1368 drei holländische Uhrmacher aus Delft in sein Reich. Straßburg erhielt 1370 eine Uhr, um dieselbe Zeit auch Courtroy; doch ward dieser Stadt die Uhr vom Herzog von Burgund im J. 1382 abgenommen. Thurmuhren besaßen 1395 Speier, 1462 Nürnberg, 1483 Auxerre und

1497 Venedig. Überhaupt scheinen gegen das Ende des 15. Jahrhunderts auf dem Continente und in England die Uhren bereits sehr bekannt gewesen zu sein. Gewiß ist es, daß schon im Anfange des 16. Jahrhunderts in Deutschland, vorzüglich zu Nürnberg, die Uhrmacherei gedeihlich blühte. Obschon diese Uhren noch sehr unvollkommen gewesen sein mögen, so haben doch bereits Walther in Nürnberg und der astronomische Landgraf Wilhelm von Hessen dieselben bei astronomischen Beobachtungen gebraucht. Gemma Frisius schlug um das J. 1530 sogar vor, eine tragbare Uhr zur Bestimmung der geographischen Länge auf dem Meere anzuwenden. Tycho de Brahe besaß auf seinem Observatorium vier Räderuhren, welche außer den Stunden und Minuten auch Sekunden angaben. Selbst Möstlin, der Lehrer Kepler's, hatte bereits 1577 eine Uhr, die er zur Bestimmung des scheinbaren Durchmessers der Sonne anwandte.

§. 18. Von dem wahren Ursprunge der tragbaren Uhren, d. h. der Taschen- oder Federuhren weiß man ebenfalls nichts mit Bestimmtheit. Vor 1544 müssen die Federuhren allerdings schon bekannt gewesen sein, weil in dem genannten Jahre König Franz I. von Frankreich der Uhrmachergilde in Paris ein Privilegium ertheilte, wodurch Andern außer ihrer Zunft das Verfertigen solcher Uhren untersagt ward. Es würde übrigens hier zu weit führen, wollten wir die Geschichte der Taschen- oder Federuhren, die mit der der Pendel- oder Gewichtuhren enge verbunden ist, ausführlich erzählen.

§. 19. Nur folgende allgemeine Bemerkungen zu machen, möge noch gestattet sein. Die meisten Künstler, die sich um die eine Gattung der Räderuhren verdient gemacht haben, können zugleich als Beförderer der andern Gattung angesehen werden. Wirklich sind Gewicht- und

Federuhren nur darin wesentlich von einander verschieden, daß die Regulirung des Ganges der Uhren ersterer Gattung durch das Pendel, der Uhren zweiter Gattung durch den sogenannten Balancier geschieht, und daß die bewegende Kraft dort das Gewicht und hier die Feder ist. Den Künstler kennt man nicht, der zuerst eine Federuhr von so geringem Umfange gemacht, daß man dieselbe bequem in der Westentasche tragen konnte. Da der Hauptzweck einer jeden guten, zum wirklichen Gebrauche bestimmten, Räderuhr der ist, eine stets vollkommen gleichförmige, durch das Zifferblatt bequem abmessende Bewegung anzugeben, mittelst welcher Bewegung sich die Zeit genau bestimmen läßt; so muß der Gang einer Uhr regulirt werden können. Findet man, daß eine Pendeluhr zu schnell gehet, so verlängert man das Pendel mittelst einer, an ihm unten angebrachten, Schraube, verkürzt jedoch mittelst dieser Schraube das Pendel, wenn die Gewichtuhr zu langsam gehet. Da ferner im Allgemeinen in einer Taschenuhr die Schwingungen der Spirale desto länger dauern, mithin die Uhr selbst desto langsamer geht, je länger die Spirale ist, so muß man mit dem Uhrschlüssel die, an der hintern Seite der Taschenuhr befindliche, Richtscheibe vorwärts schieben, wodurch die Spirale verkürzt und mithin der Gang der Uhr schneller wird. Findet man aber, daß die Uhr zu schnell geht, so muß man die Richtscheibe zurückschieben, wodurch die Spirale verlängert und der Gang der Uhr langsamer wird. Endlich bleibt für den, auf diese Weise gesicherten, Gang einer Räderuhr noch eine sehr wichtige Berücksichtigung übrig. Soll nämlich eine gute Uhr ihren Zweck, die Zeit zu messen, sehr genau erreichen, so müssen, ist einmal der Gang der Uhr nach vorhin erwähnter Weise einiger Maaßen regulirt, fortan alle Schwin-

gungen des Pendels bei den Pendeluhren und alle Schwingungen der Unruhe bei den Federuhren stets von gleicher Dauer, d. h. isochron, sein. Diese Bedingung wird jedoch nur erfüllt, wenn dort die Länge des Pendels unveränderlich und hier die Größe des Schwungrades der Unruhe dieselbe bleibt. Leider aber wird, wie bekannt, die Erfüllung dieser Bedingung durch den Einfluß der Temperatur fortwährend mehr oder minder erschwert, weil die Wärme alle Körper ausdehnt, die Kälte hingegen sie zusammenzieht. Die Compensation nun ist diejenige, am Pendel oder an der Unruhe angebrachte, Vorrichtung, welche die, durch die erwähnte Wirkung der Ausdehnung gestörte, Gleichheit der Dauer der Schwingungen, d. h. den Isochronismus, wieder herstellt. Alle in der Wirklichkeit angewandten Compensationen lassen sich übrigens auf vier verschiedene Constructionen bringen: 1) das Quecksilberpendel; 2) das Rostpendel; 3) das Pendel mit Hebelwerk, und 4) Compensation durch Biegung thermometrischer Federn, welche letzte Art bei den Taschenuhren vorkommt.

Sechstes Kapitel.

Von den Pendeluhren.

§. 20. Wir setzen hier voraus, daß eine Gewicht- oder Pendeluhr bloß eine einzige Bestimmung haben, nämlich ihren Hauptzweck, die Zeit bis auf die Sekunde genau abzumessen, erfüllen soll. Die Uhr muß mithin möglichst einfach gebaut sein, nur ein Gehwerk und kein Schlagwerk besitzen, auch keine andern Einrichtungen enthalten, durch die z. B. das Datum gezeigt oder der Mondswechsel dargestellt wird. Nur eine ganz

einfach construirte, mit Compensation versehene, möglichst genau regulirte Gewichtuhr, deren einzelne Bestandtheile sämmtlich sehr accurat gearbeitet sind, kann den Namen Pendule, Normaluhr oder astronomische Pendeluhr erhalten, sobald sie zugleich wenigstens acht Tage lang in einem Aufzuge gehet, eine sogenannte freie Hemmung (echappement libre) und eine Aufhängung der Pendelstange mittelst einer an ihr befestigten dünnen, elastischen Stahlfeder besitzt.

§. 21. Für das gewöhnliche Geschäftsleben sind Uhren mit Pendelstangen aus geradfaserigem Tannenholze genau genug; nur muß das Tannenholz wegen der Feuchtigkeit bereits vorher in Öl stark gekocht, oder, nachdem es im Ofen getrocknet worden, mehrmal mit Firniß überzogen worden sein. Der Verfasser dieses Werkes hat sogar schon mehrere sogenannte Schwarzwälderuhren gekannt, die recht sauber gearbeitet waren und einen verhältnißmäßig sehr guten Gang zeigten. (Unter den Taschenuhren, die Sekunden angeben und zum gewöhnlichen, doch genug zuverlässigen Gebrauch dienen sollen, hält man jetzt die Cylinderuhren für die besten.)

Siebentes Kapitel.

Von den Chronometern (astronomischen Taschenuhren).

§. 22. Setzt man voraus, daß eine Feder- oder Taschenuhr bloß eine einzige Bestimmung haben, nämlich den Hauptzweck, die Zeit bis auf die Sekunde genau abzumessen, erfüllen soll; so muß die Uhr möglichst einfach gebaut sein, nur ein Gehwerk und keine sogenannte Repetition besitzen, auch sonst nicht Einrichtungen, wie z. B. einen Datumzeiger, enthalten. Nur eine solche einfach

construirte, mit Compensation versehene und möglichst genau regulirte Federuhr, deren einzelne Bestandtheile sämmtlich ganz accurat gearbeitet sind, kann auf den Namen astronomische Taschenuhr, Chronometer oder Timekeeper (spr. Teimkieper) Anspruch machen.

§. 23. Die Engländer unterscheiden Pocket-Chronometer, d. i. Taschenchronometer und Box-Chronometer, d. i. dosenförmige Chronometer. Die erstern ähneln in Form und Größe den gewöhnlichen Taschenuhren, und haben die Bestimmung, in der Tasche getragen zu werden, wobei man jedoch einen zu harten Gang und alle starken Erschütterungen vermeiden muß. Die Nacht über werden solche Uhren am besten in einem viereckigen Kästchen stehend bewahrt. Die Box-Chronometer dagegen befinden sich in einem geräumigen hölzernen Kästchen, wo sie, wie ein Compaß, in zwei Ringen horizontal aufgehängt sind, um bei den Schwankungen des Schiffes in möglichst gleicher Lage zu bleiben. Auch sind diese, wegen ihres Zweckes See- oder Längenuhren genannten, Chronometer gewöhnlich etwas größer als die Pocket-Chronometer.

Beide Arten von Uhren werden aller 24 Stunden, am besten stets zu derselben Zeit, aufgezogen; die meisten gehen 30 Stunden, einige auch zwei, manche sogar acht Tage lang, damit, sollte ja einmal das Aufziehen vergessen werden, dennoch der ursprüngliche Stand des Chronometers, auf den man sich bei Herleitung geographischer Längen bezieht, nicht verloren sei.

§. 24. Die Chronometer in ihrer jetzigen großen Vollkommenheit werden zur Bestimmung der geographischen Länge vorzüglich benutzt. Bekanntlich ist die geographische Länge der Unterschied zwischen der wahren Sonnenzeit an einem gegebenen Orte und derjenigen an

einem andern gewissen Orte, der als Normalstation (Anfangspunkt) gewählt ist. Als eine solche Normalstation gilt bei den englischen und andern Seefahrern die Sternwarte zu Greenwich, bei den französischen Seefahrern dagegen und bei den Astronomen des Continents das Observatorium zu Paris. Gäbe es nun eine Uhr von ganz richtigem und stets unveränderlichem Gange, welche z. B. auf dem Pariser Observatorium zu der Zeit, als die Sonne daselbst culminirte, genau auf 12 Uhr 0 Minuten 0 Sekunden gestellt worden wäre; so würde die Uhr später in Amerika stets die Zeit angeben, die es in einem bestimmten Momente zu Paris ist. Hat man nun in Amerika, z. B. zu Philadelphia, mittelst einer andern guten Uhr die wahre Sonnenzeit aus genauen Beobachtungen ermittelt; so wird dann der Unterschied beider Uhren den Abstand des Meridians Philadelphia's von den Pariser Meridian in Stunden, Minuten und Sekunden ausgedrückt angeben, welche nach der Proportion: »24 Stunden geben 360 Grade, wie viel Grade giebt jene gefundene Anzahl Stunden« leicht in Grade und deren Theile verwandelt werden können. Dieser Abstand heißt die (westliche) geographische Länge Philadelphia's von Paris. Übrigens ist es nicht durchaus nöthig, sich auf eine Normalstation oder auf einen sogenannten ersten Meridian zu beziehen; vielmehr pflegt man, im Interesse der mathematischen Geographie, auf dem Festlande bloß den Mittagsunterschied zweier Orte mit Hilfe eines oder mehrerer Chronometer zu bestimmen, und den so gefundenen Mittagsunterschied hierauf in Grade u. s. w. zu verwandeln, um den geographischen Längenunterschied beider Orte zu erhalten. Da es oft sehr wichtig ist, den Meridianunterschied und selbst die geographische Breite mehrerer Hauptorte genau zu kennen; so

folge hier, da man bisweilen Gelegenheit haben wird, zu diesem oder jenem Zwecke die geographische Länge oder Breite eines Ortes anzuwenden, die genau bestimmte geographische Lage der wichtigsten Hauptsternwarten in und außer Europa.

Name des Ortes.	Geograph. Breite. + nördlich. — südlich.	Länge von Berlin in Zeit. + westlich. — östlich.	Oestliche Länge v. Ferro in Bogen.
Abo	+ 60° 26′ 56″, 8	— 0 St. 35′ 33″, 3	39° 56′ 49″, 5
Altona . . .	+ 53 32 45, 3	+ 0 13 48, 9	27 36 16, 1
Berlin . . .	+ 52 30 16, 0	0 0 0, 0	31 3 30, 0
Bonn . . .	+ 50 44 8, 6	+ 0 25 8, 5	24 46 22, 5
Bremen . .	+ 53 4 36, 0	+ 0 18 19, 7	26 28 34, 5
Breslau . .	+ 51 6 30, 0	— 0 14 34, 5	34 42 7, 5
Brüssel . . .	+ 50 51 10, 8	+ 0 36 7, 0	22 1 45, 0
Cambridge . .	+ 52 12 51, 8	+ 0 53 12, 0	17 45 30, 0
Christiania .	+ 59 54 42, 4	+ 0 10 35, 7	28 24 34, 5
Coppenhagen .	+ 55 40 53, 0	+ 0 3 16, 3	30 14 24, 8
Cracau . . .	+ 50 3 50, 0	— 0 26 15, 5	37 37 22, 5
Danzig . . .	+ 54 21 4, 0	— 0 21 3, 4	36 19 21, 0
Dorpat . . .	+ 58 22 47, 1	— 0 53 19, 5	44 23 22, 5
Dublin . . .	+ 53 23 13, 0	+ 1 18 57, 5	11 19 7, 5
Edinburg . .	+ 55 57 23, 2	+ 1 6 19, 1	14 28 43, 5
Florenz . . .	+ 43 46 40, 8	+ 0 8 32, 0	28 55 30, 0
Gotha . . .	+ 50 56 5, 2	+ 0 10 39, 1	28 23 43, 5
Göttingen . .	+ 51 31 47, 9	+ 0 13 49, 0	27 36 15, 0
Greenwich . .	+ 51 28 39, 0	+ 0 53 35, 5	17 39 37, 5
Hamburg . .	+ 53 33 5, 0	+ 0 13 41, 4	27 38 9, 0
Helsingfors .	+ 60 9 42, 3	— 0 46 16, 0	42 37 30 0
Königsberg .	+ 54 42 50, 4	— 0 28 25, 0	38 9 45, 0
Kremsmünster	+ 48 3 24, 0	— 0 2 57, 1	31 47 46, 5
Leiden . . .	+ 52 9 28, 2	+ 0 35 28, 0	22 8 59, 6
Leipzig . . .	+ 51 20 16, 7	+ 0 4 6, 0	30 1 30, 0
Mailand . .	+ 45 28 0, 7	+ 0 16 49, 2	26 51 12, 0
Mannheim .	+ 49 29 13, 7	+ 0 19 44, 1	26 7 28, 5
Marseille . .	+ 43 17 49, 0	+ 0 32 6, 0	23 2 0, 0
Modena . .	+ 44 38 52, 8	+ 0 9 51, 6	28 35 36, 0
München . .	+ 48 8 45, 0	+ 0 7 9, 0	29 16 15, 0
Neapel . . .	+ 40 51 46, 6	— 0 3 24, 8	31 54 42, 0
Nicolajew . .	+ 46 58 20, 6	— 1 14 19, 6	49 38 24, 0
Padua . . .	+ 45 24 2, 5	+ 0 6 5, 7	29 32 4, 5
Palermo . .	+ 38 6 25, 5	+ 0 0 9, 9	31 1 1, 5
Paramatta .	— 33 48 49, 8	— 9 10 30, 8	168 41 12, 0
Paris . . .	+ 48 50 13, 0	+ 0 44 14, 0	20 0 0, 0
Petersburg .	+ 59 56 31, 0	— 1 7 44, 0	47 59 30, 0

Name des Ortes.	Geograph. Breite. + nördlich. — südlich.	Länge von Berlin in Zeit. + westlich. — östlich.	Östliche Länge v. Ferro in Bogen.
Pulkowa . .	+59° 46′ 18″,7	−1St.7′ 49″,2	48° 0′ 48″,0
Prag . . .	+50 5 18, 5	−0 4 8, 6	32 5 39, 0
Rom . . .	+41 53 54, 0	+0 3 40, 8	30 8 18, 0
Speier . . .	+49 18 55, 2	+0 19 49, 0	26 6 15, 0
Stockholm . .	+59 20 31, 0	−0 18 39, 3	35 43 19, 5
Turin . . .	+45 4 6, 0	+0 22 47, 1	25 21 43, 5
Upsala . . .	+59 51 50, 0	−0 16 59, 3	35 18 19, 5
Vorg. d. g. Hoffn.	−33 56 3, 0	−0 20 19, 5	36 8 22, 5
Warschau . .	+52 13 1, 0	−0 30 17, 0	38 7 45, 0
Wien . . .	+48 12 35, 0	−0 11 56, 4	34 2 36, 0

Achtes Kapitel.

Von der mittlern Sonnenzeit.

§. 25. Bereits im §. 5. wurde beiläufig erwähnt, daß die Bewegung der Sonne keine gleichförmige, mithin die Dauer der einzelnen wahren Sonnentage und deren Stunden verschieden sei. Da jedoch die Zeit, nach dem uns inwohnenden Begriffe von ihr, völlig gleichförmig fortgeht und daher am geeignetsten durch die Räderuhren, deren größter Vorzug eine völlig gleichförmige Bewegung ist, gemessen wird; so kann die veränderliche Länge des wahren Sonnentages durchaus nicht als ein schickliches Grundmaaß der Zeit angesehen und beibehalten werden. Hieraus folgt zugleich, daß eine Räderuhr, die eine Maschine ist, welche ihrer Einrichtung nach nur eine gleichförmige Bewegung hat, unmöglich nach der ungleichförmig fortschreitenden wahren Sonnenzeit regulirt werden und dieselbe angeben könne. Aber wenn selbst dieser Übelstand nur gering wäre, wie es auch in der That der Fall ist, da der größte Unterschied der Längen zweier einzelnen wahren Sonnentage noch nicht vier Minuten oder kaum 1/360 des ganzen Tages beträgt; so

kann diese geringe Ungleichheit dennoch bei wissenschaftlichen Arbeiten, besonders bei astronomischen Beobachtungen, nicht mehr übersehen werden, und sie macht sich bei hoch gestiegener Cultur sogar im bürgerlichen Leben nicht wenig fühlbar. Zwar könnten unsere Uhren leicht eine solche Einrichtung erhalten, daß sie, die erwähnte Ungleichheit stets berücksichtigend, immer die wahre Sonnenzeit ganz eben so wie die Sonnenuhren, wenn diese genau construirt und richtig gestellt sind, wirklich angäben; allein dann würden unsere Uhren einen weit complicirtern Bau als bisher erhalten und überdieß ihren einzigen und größten Werth verlieren, d. h. die binnen 24 Stunden stetig dauernde gleichförmige Bewegung nicht mehr besitzen.

§. 26. Was sollen wir nun aber, da die scheinbare Bewegung der Sonne ungleichförmig ist, als schickliches Grundmaaß der Zeit wählen und anwenden? Etwa die sogenannte Sternzeit? Nein! denn diese, allerdings ganz gleichförmig fortschreitende, Zeit, die durch die scheinbare tägliche Umdrehung der gestirnten Himmelskugel gegeben ist, kann für das bürgerliche Leben nicht gebraucht werden. Denn wir werden im zehnten Kapitel, wo von der Sternzeit besonders die Rede sein wird, erfahren, daß der Anfang des Sterntages, und mithin auch seiner einzelnen Stunden, das ganze Jahr hindurch nach und nach auf andere Tages- und Nachtstunden unserer bürgerlichen Zeitrechnung fällt. Weil jedoch außer der scheinbaren täglichen Umdrehung der gestirnten Himmelskugel keine zweite, mit völliger Gleichförmigkeit stetig fortdauernde, Bewegung in der Natur uns bekannt ist, die Sonne aber in der Ekliptik ungleichförmig fortläuft; so haben die Astronomen ein sehr sinnreiches Mittel erdacht und dessen erfolgreiche Anwendung für das öffentliche Leben vorgeschlagen. Dieses Mittel besteht in der sogenann-

ten mittlern Sonnenzeit. Wir wollen uns nun bemühen, einfach zu zeigen, wie die Astronomen auf dieselbe gekommen sind.

§. 27. Die Erde läuft, wie die Astronomie lehrt, in einer Ellipse, in deren einem Brennpunkte die Sonne stehet, um die letztere binnen einem Jahre. In Bezug auf die, von der Erde aus wahrgenommenen, Erscheinungen findet aber keine Änderung statt, sobald man nach dem gewöhnlichen Sprachgebrauche annimmt, die Sonne laufe in einer Ellipse, in deren einem Brennpunkte die Erde stehet, um die letztere binnen einem Jahre. Weil jedoch die Sonne nicht zu allen Zeiten des Jahres gleichweit von der Erde entfernt ist, so muß sich folglich die Sonne bald langsamer, bald schneller bewegen. Demungeachtet ist die ganze Zeit, während welcher die Sonne ihre elliptische Bahn um die Erde durchlaufen hat, stets von derselben Dauer, d. h. die Revolution oder die Umlaufszeit der Sonne um die Erde ist unveränderlich. Dagegen ist der wahre Sonnentag, wie wir bereits wissen, von ungleicher Dauer, weil erstlich der Lauf der Sonne an und für sich bald schneller bald langsamer ist, und weil zweitens dieser Lauf in der Ekliptik stattfindet, welche den Äquator in einer geneigten Lage durchschneidet, deren Richtung mithin nicht dieselbe wie die Richtung ist, nach welcher die scheinbare tägliche Umdrehung der Himmelskugel erfolgt. Indessen sind die Veränderungen der Dauer des wahren Sonnentages nicht groß, kommen auch zu bestimmten Zeiten des Jahres regelmäßig wieder, und stellen sich am Ende eines jeden Jahres wieder her. Hierdurch aber wird es nun möglich, unter den sämmtlichen veränderlichen wahren Sonnentagen einen mittlern und folglich constanten (beständigen) Werth aufzufinden und diesen statt jenes wahren unbeständigen anzu-

nehmen. Der Fehler dieser Annahme wird am Ende einer jeden Periode sich wieder ausgleichen. Es muß folglich auch die Dauer einer gewissen Anzahl wahrer Sonnentage von der Dauer einer gleich großen Anzahl jener constanten Werthe desto weniger verschieden sein, je größer die Anzahl der wahren Sonnentage ist. Der erwähnte constante Werth ist der sogenannte mittlere Sonnentag, und die Astronomen haben durch ihre, mit der größten Genaugkeit vorgenommenen, Untersuchungen gefunden, daß die Umlaufszeit der Sonne um die Erde, in Bezug auf die Äquinoctiren oder Nachtgleichen, d. h. also das sogenannte tropische Jahr, im jetzigen Jahrhundert 365 mittlere Sonnentage, 5 Stunden, 48 Minuten und 50 $^{832}/_{1000}$ Sekunden betrage.

Der mittlere Sonnentag bleibt für alle Zeiten von vollkommen gleicher Dauer; daher sind auch seine Stunden, Minuten und Sekunden stets von derselben Dauer. Hiernach wird die Erklärung, daß man unter mittlerer Sonnenzeit stets eine solche Zeitangabe verstehet, die durch mittlere Sonnentage und deren Stunden ausgedrückt ist, leicht verständlich. Wir sehen überdieß leicht ein, warum die unveränderliche Größe des mittlern Sonnentages als ein ganz schickliches Grundmaaß der Zeit gewählt werden und zur Anwendung im bürgerlichen Leben gelangen konnte, obschon der mittlere Sonnentag ein nur eingebildetes Zeitmaaß ist, das keinesweges durch die Natur direct gegeben wird.

§. 28. Man kann, um die Vorstellung des bloß imaginären mittlern Sonnentages sich besser zu versinnlichen, annehmen, daß es nebst der wahren Sonne, welche in der Ekliptik mit ungleicher Geschwindigkeit läuft, eine zweite, nämlich eine sogenannte mittlere Sonne, gebe, die im Äquator mit stets gleicher Geschwindigkeit sich

fortbewege und zwar dergestalt, daß sie mit der wahren Sonne immer zugleich durch das Frühlingsäquinoctium, welches ein Durchschnittspunkt des Äquators mit der Ekliptik ist, hindurchgehet. Diese mittlere, freilich nur gedachte, Sonne ist es folglich, deren stets gleiche Bewegung zwischen je zwei nächsten ihrer Culminationen in dem nämlichen Meridiane den constanten mittlern Sonnentag begründet, während, wie im 2. Kap. bereits erwähnt, die wahre Sonne durch ihre ungleiche Bewegung zwischen je zwei nächsten ihrer Culminationen in dem nämlichen Meridiane die sich täglich ändernde Dauer des wahren Sonnentages bestimmt.

§. 29. Nun wäre freilich nichts bequemer, als wenn eine solche mittlere Sonne am Himmel wirklich sichtbar existirte. Man dürfte sie dann bloß täglich observiren, sobald sie eben durch den Meridian ginge, um hierdurch sofort den Augenblick des mittlern Mittags und somit den Anfang eines neuen mittlern Sonnentages zu erhalten. Allein leider haben wir es nicht so schön und bequem. Diese mittlere Sonne existirt nicht am Himmel, sondern bloß in unserer Einbildung. Die wahre Sonne ist freilich für uns täglich, wenn der Himmel wolkenfrei ist, sichtbar genug, indessen, weil sie sich jeden Tag mit einer andern Geschwindigkeit bewegt, als ein schickliches Grundmaaß der Zeit wenigstens nicht direct zu gebrauchen. Aber wir müssen unsere Zuflucht zur wahren Sonne, da nur sie und nicht jene mittlere Sonne wirklich beobachtet werden kann, stets nehmen und uns an sie halten.

Neuntes Kapitel.

Von der Zeitgleichung oder von der mittlern Zeit im wahren Mittage.

§. 30. Weil bloß die wirkliche Sonne beobachtet, zur Regulirung und Stellung der, für das bürgerliche Leben bestimmten, Räderuhren dagegen bloß die mittlere Sonne gebraucht, diese jedoch nicht wirklich beobachtet werden kann; so haben die Astronomen sich bemühet zu berechnen, wie weit beide erwähnte Sonnen am Himmel für jeden gegebenen Augenblick von einander entfernt sind, d. h. also, um wie viel die wahre und die mittlere Sonnenzeit in jedem gegebenen Augenblick von einander differiren, um auf diese Weise beständig ein Mittel zu haben, aus der wahren Sonnenzeit, die ein Gegenstand der unmittelbaren Beobachtung ist, die mittlere Zeit, die allein wegen ihrer Gleichförmigkeit ein brauchbares Zeitmaaß abgiebt, abzuleiten. Man nennt dann den Unterschied zwischen der wahren und mittlern Sonnenzeit die Zeitgleichung, die in den astronomischen Ephemeriden (Kalendern) vorzugsweise für den Augenblick des wahren Mittags (auf alle Tage des Jahres) berechnet angegeben wird. In manchen Ephemeriden wird diese Zeitgleichung nicht selbst, sondern die mittlere Zeit im wahren Mittage angegeben. Ist nun hier die mittlere Zeit über 12 Uhr hinaus, so geht sie der wahren Sonnenzeit voraus, ihr jedoch nach, wenn sie noch nicht 12 volle Stunden beträgt. In denjenigen Kalendern, wo die Zeitgleichung selbst angegeben wird, stehet ihr entweder das Zeichen + oder das Zeichen — voran. + bedeutet, daß die mittlere Zeit um die beigesetzte Anzahl von Minuten und Sekunden der wahren Zeit voraneilet, — aber, daß jene hinter dieser

um die beigesetzte Anzahl von Minuten und Sekunden zurück ist. — Wir werden später auf diesen wichtigen Gegenstand hinsichtlich seiner täglich erforderlichen Anwendung noch einmal zurückkommen; hier haben wir bloß Folgendes noch zu erwähnen.

§. 31. Im Allgemeinen bleibt die Zeitgleichung alle Jahre für die einzelnen Monatstage dieselbe, wenigstens in allen denjenigen Jahren, die entweder Schaltjahre, oder das erste, zweite oder dritte Jahr nach einem Schaltjahre sind. Sonst beträgt der Unterschied nur wenige Sekunden. Betrachtet man in einem Kalender die Columne, welche die Zeitgleichung enthält, Monat für Monat etwas aufmerksamer, so wird man finden, daß vom Anfange des Jahres an bis nahe zum 15. April die mittlere Zeit der wahren Zeit vorauseilt, hierauf aber bis zum 15. Juni zurückbleibt, dann wieder bis zum 2. September größer ist als die wahre Zeit, welche letztere vom 2. Sept. bis zum 21. Dec. der mittleren Zeit vorauseilt, vom 21. Dec. an aber nun zurückbleibt. Ferner wird man wahrnehmen, daß die mittlere Zeit viermal im Jahre am meisten von der wahren Zeit abweicht, nämlich um den 11. Febr., 15. Mai, Ende Julis und um den 4. November, und zwar um den 11. Febr. und 4. Nov. weit mehr als um den 15. Mai und Ende Julis. Dagegen fällt die mittlere Zeit um den 15. April, 16. Juni, 2. Sept. und 21. Dec. mit der wahren Zeit ganz zusammen, und an diesen 4 Tagen verschwindet folglich die Zeitgleichung, während sie um den 11. Februar und 4. November ungefähr eine Viertelstunde beträgt.

§. 32. Aus dem Inhalt des vorigen Paragraphen ersehen wir abermals, wie die wahren Sonnentage im Laufe des ganzen Jahres ihre Dauer immerwährend ändern, während im Gegentheile die Länge des mittlern

Sonnentages stets die nämliche bleibt. Deshalb können auch alle unsere Pendeluhren und Chronometer, welche, als mechanische Werkzeuge, einen durchaus gleichmäßigen Gang besitzen sollen, mit einer solchen veränderlichen Zeit, wie die 24 wahren Sonnenstunden sind, nicht übereinstimmen. Es ist daher eine recht alberne Empfehlung für eine Uhr, wenn ihr unwissender Besitzer allen Ernstes behauptet, sie gehe accurat nach der Sonne, weil diese Uhr, wie die Zeitgleichungstafel zeigt, bei sonst wirklich ganz gutem Gange dennoch zu manchen Zeiten des Jahres eine Viertelstunde mehr oder weniger, als eine genau construirte und richtig aufgestellte Sonnenuhr angeben wird.

§. 33. Es ist bereits seit mehrern Jahren in etlichen großen Städten die sehr zweckmäßige Veranstaltung getroffen worden, von den Hauptthürmen der Stadt nicht mehr, wie ehedem, den wahren, sondern den durch die Zeitgleichung corrigirten wahren Mittag, d. h. also den mittleren Mittag, durch irgend ein gewisses Zeichen kund zu thun, damit dann durch dieses Zeichen alle Bewohner der Stadt die mittlere Zeit genau erfahren, und den Stand ihrer Gewicht- und Taschenuhren nach Erfordern berichtigen können. In frühern Zeiten mußte man offenbar eine übrigens accurat gehende Uhr durch jenes immerwährende, zwecklose und unrichtige, Corrigiren ihres Standes verderben, weil dieses Corrigiren von dem im Augenblicke des wahren Mittages gegebenen Zeichen täglich abhing.

Zehntes Kapitel.

Von der Sternzeit.

§. 34. Da man die Zeit nur durch Bewegung messen kann, so wird, wie schon öfters gesagt, zu diesem

Zwecke die gleichförmige Bewegung die beste und bequemste von allen sein. Durch die feinsten theoretischen Sätze der Astronomen und durch die genauesten Beobachtungen des gestirnten Himmels ist gefunden worden, daß die Bewegung des Äquators der Erde um ihre Axe ganz gleichförmig ist und bleibt. Die Sternkundigen beziehen daher ihre Zeitmessungen stets auf diesen Äquator.

Es ist nun klar, daß ein jeder Firstern, der im Äquator des Himmels selbst stünde, durch seine scheinbare Bewegung die wahre Bewegung des Äquators der Erde repräsentiren würde. Allein es entsteht jetzt die Frage, welcher von den, im Äquator stehenden, Firsternen den Vorzug verdiente, hierzu gewählt zu werden. Der schicklichste wäre freilich derjenige, welcher in dem Frühlings-Nachtgleichenpunkte stünde. Allein in diesem Punkte des Himmels selbst steht kein Firstern. Demungeachtet hat man in der Astronomie den Frühlings-Nachtgleichenpunkt hinsichtlich seiner 24stündigen Bewegung als den Regulator einer gewissen Zeitmessung angenommen und diese neue Zeit durch den Namen Sternzeit bezeichnet. Dann wird der Sterntag die Zeit sein, welche zwischen zwei nächsten Culminationen des Frühlingspunktes durch den Meridian desjenigen Orts verstreicht, für welchen die Sternzeit zu bestimmen ist. Der Sterntag wird übrigens, wie jeder unserer Tage, in 24 Sternstunden, jede dieser Stunden in 60 Minuten und jede Minute in 60 Sekunden eingetheilt, so daß also die 360 Grade des Äquators in 24 Stunden, je 15 Grade in einer Stunde, zurückgelegt werden. Ist mithin der Frühlingspunkt von seiner Culmination an bereits um 15, 30, 45, ... Grade weiter westwärts gerückt, d. h. beträgt der Stundenwinkel 1, 2, 3, ... Uhr; so sagt man, es sei

1, 2, 3, ... Uhr Sternzeit an dem Beobachtungsorte. Die Astronomen, welche sich bei ihren Observationen nur nach dieser Sternzeit richten, bedienen sich daher der Sternuhren, d. h. solcher Uhren, die, nach Sternzeit gehend, bei jeder Culmination des Frühlingspunktes 0 Uhr (oder 24 Stunden) zeigen. Der Sterntag beginnt folglich im Augenblicke der Culmination des Frühlingspunktes.

§. 35. Zwar könnte man sich, weil die mittlere Sonnenzeit eben so gleichförmig wie die Sternzeit ist, mit dem Gebrauch der mittlern Sonnenzeit allein begnügen. Aber diese kann, weil die, die mittlere Sonnenzeit angebende, mittlere Sonne nicht am Himmel existirt, aus Beobachtnngen nicht direct hergeleitet werden, während die Sternzeit hinsichtlich ihrer 24stündigen Dauer sich aus den Beobachtungen irgend eines, in oder nahe bei dem Äquator stehenden, Fixsternes unmittelbar finden läßt. Es fragt sich nun aber, wie der mittlere Sonnentag und der Sterntag sich hinsichtlich ihrer Länge zu einander verhalten. Man hat gefunden:

1) daß der Sterntag gleich ist 23 Stunden 56 Min. 4,09 Sek., in mittlerer Sonnenzeit ausgedrückt;
2) daß der mittlere Sonnentag gleich ist 24 St. 3 Minuten 56,55 Sek., in Sternzeit ausgedrückt.

Zieht man die erstere Angabe von 24 vollen Stunden ab, so bleiben 3 Min. 55,91 Sek., und um so viel mittlere Zeit culminirt jeder Fixstern am nächsten Tage eher als am vorigen; mithin ist der Sterntag kürzer als der mittlere Sonnentag, nämlich um 3 Min. 55,91 Sek. Hieraus folgt von selbst, daß der Anfang des Sterntages und seiner einzelnen Stunden, wie im §. 26. ange-

deutet wurde, das ganze Jahr hindurch nach und nach in andere Tages- und Nachtstunden unserer bürgerlichen, auf die mittlere Sonnenzeit basirten, Zeitrechnung fallen muß. — Der Überschuß über die vollen 24 Stunden beträgt in der zweiten Angabe 3 Min. 56,55 Sek., und um so viel Sternzeit culminirt die mittlere (imaginäre) Sonne am nächsten Tage später als am vorigen; mithin ist der mittlere Sonnentag länger als der Sterntag, nämlich um 3 Min. 56,55 Sek.

§. 36. Die Astronomen bedienen sich der Sternzeit nicht allein aus dem Grunde, daß dieselbe, wie schon erwähnt, sich unmittelbar aus den Beobachtungen herleiten läßt, sondern auch noch aus einem andern, eben so wichtigen Grunde. Man kennt nämlich in der Astronomie den wichtigen Satz: Im Augenblicke der Culmination eines Fixsterns ist die Sternzeit dieser Culmination gleich der in Zeit ausgedrückten Rectascension dieses Fixsterns. Dieser Satz nun giebt das einfachste und bequemste Mittel der Zeitbestimmung an die Hand. Denn beobachtet man einen Fixstern, dessen Rectascension bekannt, z. B. 7 St. 48 Min. 9 Sek., ist, im Augenblicke seiner Culmination, und stellt in demselben Augenblicke eine gute Pendeluhr, deren Gang nach Sternzeit bereits vorher regulirt worden, auf 7 St. 48 Min. 9 Sek.; so ist dann auch der Stand der Uhr sofort gefunden, d. h. die Uhr wird fortan Sternzeit angeben.

Anmerkung. Die Astronomen jetziger Zeit bedienen sich bei ihren Beobachtungen nur noch selten einer Uhr, die nach mittlerer Zeit gehet, und zwar, wie wir so eben erfuhren, mit vollem Rechte. Sie leiten daher für eine andere Uhr, die mittlere Zeit weiset, deren Stand gegen die mittlere Zeit, nach vorausgegangener Vergleichung dieser Uhr mit ihrer Sternuhr, einzig und allein nur durch Rechnung ab, was sie auch in dem Falle thun,

sobald die nach der Sternuhr notirten Beobachtungszeiten wegen irgend eines Zweckes in mittleren Sonnenzeiten angegeben werden müssen.

Elftes Kapitel.

Von der Bestimmung des Ganges einer Pendeluhr oder eines Chronometers aus Beobachtungen.

§. 37. Bei jeder guten Uhr, dieselbe mag nun nach mittlerer Sonnenzeit oder nach Sternzeit gehen, ist stets zweierlei gehörig zu berücksichtigen; der Gang und der Stand der durch sie anzugebenden Zeit.

Der Gang ist der Unterschied, welcher zwischen einer, durch die Uhr gegebenen, gewissen Zeitdauer und der nämlichen, durch die wirkliche mittlere Sonnenzeit oder Sternzeit gegebenen, Zeitdauer sich ergiebt; man spricht gewöhnlich von dem 24stündigen Gange einer Uhr.

Der Stand ist der Unterschied, welcher zwischen einer, durch die Uhr gegebenen, Zeitepoche und der nämlichen, durch die wirkliche mittlere Sonnenzeit oder Sternzeit gegebenen, Zeitepoche sich ergiebt; man sagt z. B., der Stand einer Uhr war an einem gewissen Tage im mittleren Mittage + 2′ 51″, d. h. die Uhr ging zu dieser Zeit um 2′ 51″ gegen mittlere Sonnenzeit zu früh; oder man sagt, da der Stand einer Uhr mit dem Fehler derselben einerlei ist, auch z. B., der Fehler einer Uhr war an einem gewissen Tage im Augenblicke der Culmination des Frühlingspunktes — 4′ 11″, d. h. die Uhr ging zu dieser Zeit um 4′ 11″ gegen Sternzeit nach.

§. 38. Es ist leicht einzusehen, daß man sich auf die völlig genaue Bestimmung des Standes einer Uhr nicht eher einlassen kann, als bis man deren Gang möglichst genau erforscht und, war dieser noch zu schnell oder zu langsam, die Uhr so lange durch Verlängern oder

Verkürzen des Pendels oder durch Verschieben der Richtscheibe regulirt hat, bis der 24stündige Gang der Uhr mit dem Gange derjenigen Zeitart, welche sie weisen soll, sehr nahe übereinstimmt. Hierbei werden freilich immer nur solche Uhren vorausgesetzt, die, wenn sie auch in 24 Stunden etwas zu langsam oder zu schnell gehen, dennoch in einer Stunde wie in der andern immer bloß dieselbe Geschwindigkeit hinsichtlich der Bewegung zeigen, d. h. es werden stets bloß solche Uhren vorausgesetzt, deren Bewegung keine stündlich beschleunigende oder verzögernde ist. Uhren endlich, die, wie man zu sagen pflegt, einen haspelnden Gang haben, müssen durchaus verworfen werden.

§. 39. Es entsteht jetzt die Frage: wie läßt sich der Gang einer Uhr auf eine einfache Weise genau ermitteln?

Wir wollen erstens annehmen, man habe es mit einer Uhr zu thun, welche nach Sternzeit regulirt werden und dieselbe anzeigen soll. Der berühmte Olbers hat eine sehr einfache Methode, den Gang einer Sternuhr genau zu ermitteln, in dem Beobachten der sogenannten Sternverschwindungen vorgeschlagen, welche Methode von ihm und vielen andern Astronomen stets mit dem besten Erfolge angewandt worden ist. Hierzu bedarf es eines Kometensuchers (Nachtfernrohrs). In der Hauptsache ist der Kometensucher eben so beschaffen als jedes andere astronomische Fernrohr, denn wie dieses stellt er die observirten Gegenstände verkehr dar. Aber das Objectivglas muß bei einer nicht zu großen Brennweite eine bedeutende Apertur (Öffnung) haben, wodurch die große Helligkeit erzeugt wird. Da hierdurch zugleich die Brennweite beider Gläser, des Objectivs sowohl als auch des Oculars, weniger bedeutend verschieden sind, so kommt

zwar nur eine verhältnißmäßige Vergrößerung, aber dafür ein desto größeres Gesichtsfeld heraus. Zu Beobachtungen von Sternverschwindungen eignet sich am besten ein unachromatischer Kometensucher von 1 1/2 Zoll Öffnung und 10facher Vergrößerung, mit Röhren von Pappe. Außerdem wird noch erfordert, daß 1) in der Nähe des Beobachtungsortes sich eine senkrechte Thurmmauer oder ein senkrecht stehender Blitzableiter befindet; daß man 2) nicht etwa Planeten wählt, sondern nur Fixsterne und daß man 3) die letztern, deren Verschwindungen beobachtet werden, kennt, damit nicht Verwechslungen vorfallen, durch welche man sonst zu einem ganz falschen Resultate gelangen würde.

§. 40. Man lege nun den Kometensucher stets an derselben bezeichneten Stelle fest an eine Seitenmauer des Fensters an, beobachte hierauf durch das Fernrohr einen Stern, der dem Verschwinden nahe ist, und notire in dem Augenblicke, da der Stern hinter der Kante der Thurmmauer oder des Blitzableiters verschwindet, die Zeit der Uhr. Hierauf wiederhole man die Beobachtung und das Notiren der Uhrzeit, so oft als man will, für andere Sterne. — Diese Beobachtungen lassen sich sehr genau anstellen, wenn gleich die Verschwindung eines Sterns nicht plötzlich geschieht. Die Kante der Thurmmauer (oder des Blitzableiters) nämlich fängt schon an, die Strahlen des Sterns aufzufangen, die nach der rechten Seite des Objectivglases gehen, und der Stern bleibt noch sichtbar und so lange, bis nur noch so wenige Strahlen auf das Objectivglas fallen, daß sie dem Auge nicht mehr empfindlich sind. Der Stern nimmt also während dieser Zeit nach und nach an Licht ab, bis er zuletzt ganz unsichtbar wird; allein die ganze Dauer dieser Lichtabnahme ist sehr kurz und das letzte Moment

stets sicher zu bemerken. Da man überdieß nur die Zeit angiebt, wann das Licht völlig verschwindet, so kann man dieß immer genau genug observiren. Doch folgt hieraus, daß die Sterne bei heiterm Himmel etwas später, bei trübem Wetter etwas eher unsichtbar werden, welcher Unterschied indessen selbst bei kleinern Sternen selten eine ganze Zeitsekunde beträgt. Mehrere Sterne verschwinden zu lassen, geschieht aus dem guten Grunde, nicht nur weniger von der so veränderlichen Gunst der Witterung abzuhängen, sondern auch durch das Mittel aus mehreren Beobachtungszeiten ein schärferes Resultat zu erhalten. Dieß, und daß man aus solchen Beobachtungen des Verschwindens der Fixsterne an zwei auf einander folgenden Abenden bereits den 24stündigen Gang der Uhr gegen Sternzeit sicher finden könne, wird sich aus den beiden folgenden Beispielen deutlich genug ergeben. Diese beiden Beispiele zeigen überdieß, wie man die Beobachtungen aufzuschreiben und die Berechnung derselben anzusetzen pflegt.

Erstes Beispiel.

§. 41. Olbers in Bremen beobachtete im Jahre 1800 den 5. und 6. Sept. aus einem Fenster seiner Wohnung folgende acht Sternverschwindungen:

1800.

Namen der Sterne.	Verschwindungen am 5. Sept.			Verschwindungen am 6. Sept.			Unterschied der Uhrzeiten.	
ω des Bootes	10 U.	33′	46″	10 U.	29′	36″	— 4′	10″
η der nördlichen Krone.	10	45	33	10	41	23	— 4	10
β der nördlichen Krone.	10	51	5	10	46	54	— 4	9
θ der nördlichen Krone.	10	54	16	10	50	6	— 4	10
α der nördlichen Krone.	11	2	3	10	57	54	— 4	9
γ der nördlichen Krone.	11	10	22	11	6	14	— 4	8
* der nördlichen Krone.	11	15	18	11	11	8	— 4	10
δ der nördlichen Krone.	11	18	31	11	14	20	— 4	11
						Mittel:	— 4′	9″,6.

In der ersten Columne stehen die Namen der Sterne, deren Verschwindungen beobachtet wurden. Die Uhrzeiten dieser Verschwindungen, wie sie am 5. Sept. beobachtet wurden, stehen in der zweiten Columne. Die Verschwindungen der nämlichen acht Sterne fanden am 6. Sept. um die, in der dritten Columne angeführten, Uhrzeiten statt. Da nun die Uhr als eine Sternuhr nach Sternzeit zu gehen bestimmt war, so sollten demnach die, in der dritten Columne stehenden, Uhrzeiten eigentlich dieselben wie die in der zweiten Columne stehenden sein. Dieß ist aber nicht der Fall. Darum ist der Unterschied beider zusammengehörender Uhrzeiten der beiden Beobachtungen desselben Sternes in der vierten Columne angegeben, und zwar mit dem Minuszeichen, weil die Uhrzeiten am 6. Sept. kleiner als die vom 5. Sept. sind. Das Zeichen — zeigt dann (wie gewöhnlich) an, daß der 24stündige Gang der Uhr gegen Sternzeit zu langsam gewesen. Um nun aber diesen 24stündigen Gang möglichst genau zu erhalten, muß man das sogenannte arithmetische Mittel aus den einzelnen Resultaten bestimmen. Dieß geschieht, wenn man die gefundenen einzelnen Resultate addirt und in die Summe mit der Anzahl der Resultate dividirt; so wird der gefundene Quotient das gesuchte mittlere Resultat oder das arithmetische Mittel aus sämmtlichen einzelnen Resultaten sein. Auf diese Weise ist das obige Mittel — 4′ 9″, 6 gefunden worden, d. h. nun: der 24stündige Gang der Uhr gegen Sternzeit war — 4 Min. 9,6 Sek.; um so viel nämlich ging die Uhr in 24 Stunden Sternzeit zu langsam.

Zweites Beispiel.

Einst wurden am 14. und 16. April folgende Sternverschwindungen beobachtet:

Namen der Sterne.	Verschwindungen am 14. April.	Verschwindungen am 16. April.	Unterschied der Uhrzeiten.
α der Wasserschl.	9 U. 19′ 43″	9 U. 19′ 59″, 4	+ 0′ 16″, 4
Regulus	9 59 51	0 0 8, 0	+ 0′ 17, 0
α des groß. Bären	10 53 48	10 54 3, 9	+ 0′ 15, 9
Denebola	11 40 54	11 41 10, 5	+ 0′ 16, 5
		Mittel:	+ 0′ 16″, 45.

Da am 15. April trüber Himmel gewesen, so hat hier statt des 24stündigen der 48stündige Gang der Sternuhr bestimmt werden müssen. Es kann indessen aus dem letztern offenbar der 24stündige Gang hergeleitet werden, indem man das obige Mittel halbirt, nämlich + 0′ 8″, 225. Allein es ist hier freilich vorausgesetzt, daß der Gang der Uhr vom 14. bis zum 16. April sich gleich geblieben sei, eine Voraussetzung, die nicht bei jeder Uhr allemal erlaubt sein wird. Übrigens zeigt das gefundene Resultat + 0′ 16″, 45 an, daß der 48stündige Gang der Uhr um 16,45 Sekunden zu schnell gegen Sternzeit war, daß folglich die Uhr in 24 Sternstunden um 8,225 Sekunden voreilte.

Anmerkung. Wenn man, von seinem Beobachtungsorte aus, keinen Thurm oder Blitzableiter in der Umgegend zu Beobachtungen von Sternverschwindungen passend wählen könnte, so darf man nur, wie folgt, verfahren. Man stelle ein Fernrohr so auf, daß es ungefähr nach Süden zeigt, richte es auf einen hellen Fixstern, der weder zu hoch noch zu niedrig durch den Meridian gehet, und notire hierauf die Uhrzeit in dem Augenblicke, wo dieser Stern durch den mittelsten Verticalfaden des Fadenmikrometers *) im Fernrohre gehet. Das Fernrohr muß aber nachher ganz unverrückt in seiner Stellung bleiben. Nun kann man am nächsten heitern Abend den Durchgang desselben Sterns durch den mittelsten Verticalfaden beobachten und die Uhrzeit des Durchgangs notiren. Die Berechnung des 24stündigen Ganges der Uhr aus diesen beiden Beobachtungszeiten geschieht dann eben

*) Die Beschreibung des Fadenmikrometers wird im §. 67 vorkommen.

so, wie oben für die Sternverschwindungen gelehrt worden ist. Uebrigens begreift man leicht, daß man auch bei diesem Verfahren wohl thun wird, sich nicht mit einem Sterne zu begnügen, sondern mehrere zu beobachten. Statt des Fadenmikrometers wird man jedoch lieber ein kleines schmales Lineal von dünnem Messing, mit zwei geraden einander parallel laufenden Kanten, im Brennpunkte des Fernrohrs anbringen, da dieß zu diesen Beobachtungen weit bequemer ist. Denn ist dieser Messingstreifen mitten im Gesichtsfelde des Fernrohrs, so kann man an diesem Streifen eben so gut Sternverschwindungen observiren als an einem Thurme oder Blitzableiter, nur muß der Messingstreifen eine völlig vertikale Richtung haben und das Fernrohr stets dieselbe Lage behalten *.)

§. 42. Wir wollen nun zweitens annehmen, man habe es mit einer Uhr zu thun, welche nach mittlerer Zeit regulirt werden und dieselbe anzeigen soll. Auch hier werden beobachtete Sternverschwindungen ein bequemes und genaues Mittel sein, wenn gleich hierbei etwas mehr Rechnung erforderlich ist. Wenn die im ersten Beispiel gebrauchte Uhr hätte nach mittlerer Zeit gehen sollen, so hätte das Aufschreiben der Beobachtungen und das Berechnen so geschehen müssen:

---

*) Man s. auch §. 79 und §. 80 nach, wo von der Beschreibung des Streifenmikrometers, so wie von einem Beispiele von Beobachtungen am Streifenmikrometer und Berechnung derselben die Rede ist.

Namen der Sterne.	verschwanden am 5. Sept.	hätten verschwinden sollen am 6. Sept.	verschwanden am 6. Sept.	Differenz.
ω des Bootes	10 U. 33' 46''	10 U. 29' 50'', 1	10 U. 29' 36''	— 0' 14'', 1
η der nördlichen Krone.	10 45 33	10 41 37, 1	10 41 23	— 0 14, 1
β	10 51 5	10 47 9, 1	10 46 54	— 0 15, 1
ϑ	10 54 16	10 50 20, 1	10 50 6	— 0 14, 1
α	11 2 3	10 58 7, 1	10 57 54	— 0 13, 1
γ	11 10 22	11 6 26, 1	11 6 14	— 0 12, 1
*	11 15 18	11 11 22, 1	11 11 8	— 0 14, 1
δ	11 18 31	11 14 35, 1	11 14 20	— 0 15, 1
			Mittel:	— 0' 14'', 0.

In der ersten Columne stehen die Namen der beobachteten Sterne, in der zweiten Columne aber die Uhrzeiten dieser Verschwindungen, wie sie am 5. Sept. beobachtet wurden. In der dritten Columne stehen die Uhrzeiten, um welche jene acht Sterne am 6. Sept. hätten verschwinden sollen, wenn die Uhr genau nach mittlerer Zeit gegangen wäre. Diese Uhrzeiten finden sich durch Rechnung, indem man von den, in der zweiten Columne notirten, Uhrzeiten immer 3 Minuten 55,9 Sek. abzieht. In der vierten Columne stehen die wirklichen Uhrzeiten, um welche die acht Sterne am 6. Sept. verschwanden. Darum giebt der in der 6. Columne stehende Unterschied beider zusammengehörender Uhrzeiten der beiden Beobachtungen desselben Sterns, d. h. die Differenz der in der 3. und 4. Columne befindlichen Zahlen, die Größe des Ganges der Uhr und durch das Zeichen die Beschaffenheit desselben gegen mittlere Zeit binnen 24 Sternstunden an.

Daher zeigt das Mittel — 0' 14'', 0, daß die Uhr während eines Sterntags um 14,0 Sek. gegen mittlere Zeit zu langsam ging.

Wenn die im zweiten Beispiel gebrauchte Uhr ebenfalls hätte nach mittlerer Zeit gehen sollen, so hätte das Aufschreiben der Beobachtungen und das Berechnen so geschehen müssen:

Namen der Sterne.	verschwanden am 14. April.	hätten verschwinden sollen am 16. April.	verschwanden am 16. April.	Differenz.
α d. Wasserschlange	9 U. 19′ 43″	9 U. 11′ 51″, 2	9 U. 19′ 59″, 4	+ 8′ 8″, 2
Regulus	9 59 51	9 51 59, 2	10 0 8, 0	+ 8 8, 8
α d. großen Bären	10 53 48	10 45 56, 2	10 54 3, 9	+ 8 7, 7
Denebola	11 40 54	11 33 2, 2	11 41 10, 5	+ 8 8, 3
			Mittel:	+ 8′ 8″, 0

Da die Beobachtungen 2 Tage aus einander waren, so mußten von den in der zweiten Columne stehenden Uhrzeiten 2 Mal 3 Min. 55,9 Sek., d. h. 7 Min. 51,8 Sek. abgezogen werden, um die in der dritten Columne befindlichen Uhrzeiten, um welche jene 8 Sterne am 16. April eigentlich hätten verschwinden sollen, zu finden. Die in der fünften Columne befindlichen Zahlen sind die Differenzen von den in der 3. und 4. Columne stehenden Uhrzeiten. Das gefundene Resultat +8′8″,0 zeigt an, daß der Gang der Uhr binnen 48 Sternstunden um 8 Minuten 8,0 Sek., folglich binnen einem Sterntage um 4 Min. 4,0 Sek. gegen mittlere Zeit zu schnell war.

1. Anmerkung. Durch die Beobachtungen von Sternverschwindungen findet man für Uhren, die nach mittlerer Zeit gehen sollen, deren Gang allerdings nur in Bezug auf die Dauer von 24 Sternstunden, während man eigentlich ihren 24stündigen Gang binnen einem mittleren Sonnentage zu bestimmen und anzugeben pflegt. Diese Bedingung läßt sich jedoch durch eine kleine Rechnung leicht erfüllen. Da

(s. §. 35) ein mittlerer Sonnentag gleich ist 24 St. 3 Min. 56,55 Sek. Sternzeit; so kann man, wenn x den, in Sekunden ausgedrückten, gesuchten Gang der Uhr binnen 24 Stunden des mittleren Sonnentages bezeichnet, diese Größe x aus der Proportion bestimmen:

24 St. Sternzeit: 14,0 Sek. = 24,00274 St. Sternzeit : x für das obige erste Beispiel und

24 Sternzeit: 244,0 Sek. = 24,00274 St. Sternzeit : x für das obige zweite Beispiel.

Aus der Betrachtung dieser beiden Proportionen folgt, daß man nur nöthig hat, den aus den Beobachtungen gefundenen 24stündigen Gang der Uhr binnen einem Sterntage gegen mittlere Zeit mit 1,00011 zu multipliciren, um sofort den 24stündigen Gang der Uhr binnen einem mittleren Sonnentage, in Sekunden ausgedrückt, zu erhalten. Indessen ist dieser Unterschied in den meisten Fällen fast ganz unmerklich, indem er bei 10 Minuten etwa erst $\frac{7}{100}$ einer Sekunde beträgt; um so viel nämlich wird der gesuchte Gang binnen 24 mittleren Sonnenstunden größer sein als der gefundene Gang binnen 24 Sternstunden. Man kann folglich, wenn keine größere Genauigkeit als bis auf einzelne Hunderttheile von Sekunden verlangt wird, obige Reductionsrechnung immer füglich unterlassen, zumal bei guten, bereits vom Uhrmacher möglichst regulirten, Uhren der 24stündige Gang derselben niemals mehr als höchstens 10 Minuten (zu langsam oder zu schnell) betragen wird.

2. Anmerkung. Daß der 24stündige Gang einer Uhr gegen mittlere Zeit oder Sternzeit aus den, an zwei auf einander folgenden Tagen behufs der Bestimmung des Standes dieser Uhr angestellten, Beobachtungen ebenfalls einfach und sicher ermittelt werden könne, ergiebt sich natürlich von selbst.

Zwölftes Kapitel.

Von den Sternbildern und wichtigsten Fixsternen des nördlichen Himmels.

§. 43. Im vorigen Kapitel ward gezeigt, wie man durch Beoachtungen von Sternverschwindungen den 24stün-

digen Gang einer Uhr zu bestimmen im Stande sei. Dieß setzt, wie auch im §. 39 zu Ende erwähnt worden, eine etwas nähere Bekanntschaft mit dem gestirnten Himmel voraus. Deshalb, und weil in der Folge noch oft von Beobachtungen der Fixsterne die Rede sein und die Anwendung derselben erfordert werden wird, müssen wir jetzt, ehe wir zur Bestimmung des Standes einer Uhr aus Beobachtungen übergehen können, uns bemühen, die Sternbilder und wichtigsten Fixsterne des nördlichen Himmels leicht kennen zu lernen, eine Bemühung, die uns auch noch in anderer Hinsicht wohl zu Statten kommen und uns manche angenehme Betrachtung der Schönheiten des gestirnten Himmels verschaffen wird.

§. 44. Schon in den allerältesten Zeiten hat die beständige Bewegung aller Sterne die Aufmerksamkeit der Menschen an sich gezogen, denn sie gab Veranlassung zur Eintheilung der Zeit. So wurden z. B. die Tage (des Auf- und Untergangs) irgend eines glänzenden Sterns mit der Sonne, oder seines Aufgangs bei Sonnenuntergang und seines Untergangs bei Sonnenaufgang, u. s. w. genau gemerkt. Dem Gedächtnisse zu Hilfe zu kommen, wurden solche Entscheidungen und deren Erfolge der Nachwelt überliefert; diese Beobachtungen waren im Morgenlande gewöhnlich den Priestern übertragen. Es entstanden hieraus religiöse Ceremonien, die damals die Stelle des Kalenders vertraten. Man setzte auf solche Weise die Beschäftigungen des Landbaues, so wie die Verrichtungen der Viehzucht, ferner die Feier gewisser Tage u. s. w. fest. Dadurch wurde eine gewisse, schon voraus bestimmte, jährlich wiederkehrende Zeitordnung zu Stande gebracht.

Diese aus dem sinnlichen Anblicke des Himmels gezogenen Vortheile noch allgemeiner zu benutzen und zu-

gleich die Sterne desto besser kennen zu lernen, gab man vielen Sternen besondere Namen; auch bildete man aus einigen, gruppenweise nahe bei einander stehenden Sternen gewisse Figuren. So entstanden die Sternbilder. Chaldäer, Phönicier, Griechen und Araber sind die ältesten Völker, von denen die Eintheilung des Himmels in Sternbilder nach und nach auf uns gekommen ist. Die verschiedenen Absichten, welche diese Nationen durch die Einführung von Sternbildern zu erreichen suchten, mögen folgende gewesen sein. Erstlich wurde ihr Gedächtniß durch die Darstellung verschiedener nahe zusammenstehender Sterne in Figuren wesentlich unterstützt. Dann entstand eine passendere Eintheilung des Himmels, wodurch eine Gegend desselben von der andern leichter unterschieden werden konnte. Endlich wollten sie durch Abbildung mancher menschlichen Figuren das Andenken berühmter Personen bei der Nachwelt verewigen. In der Folge legten die eben genannten Völker den Sternen freilich auch gewisse Eigenschaften und Bedeutungen bei, sogar Einflüsse auf die Witterung, wie die Namen einiger Sternbilder ziemlich gewiß anzudeuten scheinen. So erhielten z. B. die 12 Sternbilder des Thierkreises ihre Namen nach den merkwürdigsten Naturbegebenheiten und gewöhnlichen Witterungen derjenigen Monate, in welchen die Sonne dieses oder jenes Sternbild durchlief *).

§. 45. Fixsterne heißen alle Sterne, welche weder Planeten, noch Monde noch Kometen sind, die dem Scheine nach ihre gegenseitige Stellung nicht verändern und in einem hellen Lichte funkeln. Die scheinbare Größe

*) Wer hierüber mehr und näher sich zu unterrichten wünscht, dem empfehlen wir unter andern Schriften, die hiervon handeln, besonders: Bode: Betrachtung der Gestirne u. s. w. 2te Aufl. Berlin 1823. Nicolaische Buchhandlung.

oder eigentlich der scheinbare Glanz der Fixsterne ist sehr verschieden, und daher theilt man diese Sterne gewöhnlich in die erster, zweiter, dritter Größe u. s. w. ein, so daß die von der siebenten Größe an, weil sie nicht mehr mit bloßem Auge, sondern nur durch Fernröhre erblickt werden können, teleskopische Sterne heißen. Durch die stärksten Fernröhre erscheinen selbst die Fixsterne erster Größe nicht scheibenartig wie die Planeten, die durch diese Wahrnehmung sich von den Fixsternen unterscheiden lassen. Bekanntlich erkennt man die Planeten auch aus ihrem Fortrücken unter den übrigen Sternen. Die meisten Fixsterne sind ungemein weit von uns entfernt und müssen ohne Zweifel weit größer als unsere Sonne sein, welche ebenfalls ein Fixstern ist. Hieraus folgt, daß die Fixsternen Sonnen wie die unsrige sind, indem man sonst nicht einsähe, von woher sie ihre Erleuchtung erhalten sollten und weil Körper mit fremdem Lichte gewiß nicht in so ungeheuern Weiten noch sichtbar sein würden. Über die Anzahl und Lage der Fixsterne im Weltraume aber weiß man natürlich gar nichts; denn alles, was hierüber gesagt wird, beruht nur auf Schlüssen der Vernunft und Geometrie. Nur das wissen wir, daß ein Fernrohr desto mehr Sterne erkennen läßt, je vollkommener dieses optische Werkzeug ist. Sehr genaue astronomische Beobachtungen haben gezeigt, daß die Fixsterne nicht ganz unbewegt gegen einander bleiben; so zeigen z. B. viele Doppelsterne eine bedeutende eigene Bewegung. Eine merkwürdige Erscheinung ist die Veränderung in der Stärke des Lichtes der Fixsterne. Auch Veränderung der Farbe scheint bei manchen derselben stattzufinden. Aber noch viel merkwürdiger sind die, bei mehrern Sternen beobachteten, periodischen Lichtwechsel, indem diese Sterne bisweilen einen hellern Glanz zeigen

als zu andern Zeiten. Diese Lichtwechsel kehren bei einigen Sternen sehr regelmäßig nach gleichen Zeiten wieder, bei andern ist die Periode ungleich; noch andere, die ehedem veränderliches Licht hatten, erscheinen jetzt in unveränderlichem Glanze. Die merkwürdigsten solcher Sterne sind Algol im Medusenhaupte, der Veränderliche am Halse des Schwans, der Wunderbare (Mira) im Wallfische und der Stern χ im Schwane. Mit dieser Art von Fixsternen scheinen die sogenannten neuen Sterne verwandt zu sein, wie z. B. der von Tycho de Brahe in in der Cassiopeja und der von Kepler am Fuße des Ophiuchus beobachtete.

§. 46. Was nun die Namen der bei uns sichtbaren vorzüglichsten Fixsterne betrifft, so ist im Allgemeinen zu erwähnen, daß besonders die Araber die größten Sterne des Himmels mit besondern Namen belegt haben. Die meisten derselben sind, obschon in Schreibart öfters ungemein entstellt, dennoch bis auf uns gekommen. Wir wollen hier die Namen der vorzüglichsten Sterne, die am nördlichen Himmel stehen, anführen, mit dem Bemerken, daß nur einige von ihnen am südlichen Himmel stehen.

Acharnar im Eridanus α
Alamak in der Andromeda γ
Albireo im Schwan β
Alcyone in den Plejaden η
Aldebaran im Stiere α
Algol im Medusenhaupte β
Alioth im großen Bären ε
Alphard in der Wasserschlange α
Altair (Atair) im Adler α
Antares im Skorpion α
Arktur im Bootes α
Bellatrix im Orion γ
Beteigeuze im Orion α

Capella im Fuhrmanne α
Castor in den Zwillingen α
Deneb im Schwan α
Denebola im Löwen β
Dubhe im großen Bären α
Elektra in den Plejaden b
Enif im Pegasus ε
Fomalhaut im südl. Fische α
Gemma in der nördl. Krone α
Markab im Pegasus α
Menkab im Wallfisch α
Mesarthim im Widder γ
Mirach in der Andromeda β
Mizar im großen Bären ζ
Pollux in den Zwillingen β
Präsepe im Krebse ε
Procyon im kleinen Hunde α
Ras-Algeti im Herkules α
Ras-Alhak im Ophiuchus α
Regulus im Löwen α
Rigel im Orion β
Scheat im Pegasus β
Schedir in der Cassiopeja α
Sirius im großen Hund α
Spica in der Jungfrau α
Taygeta in den Plejaden e
Vindemiatrix in der Jungfrau β
Wega in der Leier α

Johannes Bayer hat zur bequemen Bezeichnung der Sterne zuerst die großen und kleinen Buchstaben des griechischen und lateinischen Alphabets angewendet, eine kurze Bezeichnung, die selbst noch in unsern Tagen allgemein in den Fixsternkatalogen und auf den Sternkarten beibe-

halten wird. Demungeachtet ist es nicht überflüssig, obige besondere Namen sich zu merken, da sie auch noch jetzt häufig gebraucht werden.

§. 47. Was nun die Sternbilder am nördlichen und südlichen Himmel, welche bei uns sichtbar sind, betrifft, so hat man sich als die vorzüglichsten folgende zu merken:

a) Die zwölf Sternbilder des Thierkreises.

Widder . . .	Zeichen ♈
Stier	♉
Zwillinge . . .	♊
Krebs	♋
Löwe	♌
Jungfrau . . .	♍
Waage . . .	♎
Skorpion . . .	♏
Schütze . . .	♐
Steinbock . . .	♑
Wassermann . . .	♒
Fische	♓

b) Nördliche Sternbilder der Alten.

Cassiopeja
Andromeda
Das nördliche Dreieck
Perseus mit dem Medusenhaupt
Der Fuhrmann mit der Ziege
Der große Bär
Der kleine Bär
Der nördliche Drache
Herkules
Ophiuchus (Schlangenträger
Die Schlange des Ophiuchus
Die Leier mit dem Geier
Der Adler
Der Schwan
Der Pfeil
Der Delphin

Bootes (Bärenhüter)	Das kleine Pferd
Die nördliche Krone	Pegasus.
Cepheus	

c) Südliche Sternbilder der Alten.

Der Wallfisch	Das Schiff Argo
Der große Hund	Die südliche Krone
Der kleine Hund	Der südliche Fisch
Die große Wasserschlange	Der Hase
Der Becher	Der Altar
Der Rabe	Eridanus
Der Wolf	Orion.
Der Centaur	

d) Neuere Sternbilder.

Antinous
Das Hauptthaar der Berenice
Das Einhorn
Die Giraffe oder das Kameloyard
Die Jagdhunde
Der kleine Löwe
Der Luchs
Der Fuchs mit der Gans
Die Fliege beim Widder
Cerberus beim Herkules
Der Berg Mänalus unter dem Bootes
Das Herz Karl's II.
Das Rennthier
Der Erntehüter (Messier)
Der Mauerquadrant
Das brandenburgische Scepter
Friedrichs-Ehre
Die Georgsharfe
Das Herschel'sche Teleskop.

Von diesen 67 Sternbildern giebt es aber mehrere, die bei uns, in Deutschland, nicht völlig aufgehen, z. B. der Schütze, der Steinbock, das Schiff Argo, der Wolf. Übrigens zählt man überhaupt 106 Sternbilder des ganzen Himmels, von denen daher 39 gar nicht bei uns zu Gesicht kommen.

§. 48. Das sicherste und bequemste Mittel, die einzelnen größern Sterne und die Sternbilder kennen zu lernen, ist freilich ein Himmelsglobus. Man kann jedoch in Ermangelung eines solchen Apparats auch eine Sterncharte zu Hilfe nehmen, wenn man sich folgender leichter Methode bedient. — Jedermann kennt die sieben Sterne am nördlichen Himmel, die man den großen Bären oder den Himmelswagen nennt, weil die in einem Viereck stehenden Sterne die vier Räder und die übrigen drei die Deichsel des Wagens vorstellen sollen. Betrachtet man nun dieses Sternbild auf der, am Ende dieses Werkes befindlichen, Sterncharte und zieht durch die zwei Hinterräder β und α des Wagens eine gerade Linie, verlängert diese gegen den Pol der Charte so weit, bis diese Verlängerung beinahe so groß ist, wie die Entfernung der beiden Hinterräder von dem entferntesten Sterne η der Deichsel; so trifft man, wie die Sterncharte zeigt, auf den Polarstern. Dann hat man nichts weiter zu thun, als diese Linie in Gedanken auch am Himmel durch die nämlichen beiden Sterne, welche die Hinterräder des Wagens vorstellen, zu ziehen, um sogleich den Polarstern am Himmel kennen zu lernen. Dieses Verfahren, welches die Methode der Alignemens oder der Verbindung der vorzüglichsten Sterne durch gerade Linien (eigentlich durch Kreisbogen) genannt wird, ist wohl die bequemste, die Sterne am Himmel sicher aufzufinden, weil die eigentlichen Figuren und Umrisse der

Sternbilder die Einbildungskraft äußerst wenig unterstützen, da die meisten Sterngruppen fast gar keine Ähnlichkeit mit den Gegenständen haben, welche durch ihre Namen ausgedrückt werden sollen. Auf unserer Charte sind die Alignemens oder die Verbindungen der vorzüglichsten Sterne angegeben und sie dienen also, auf eine leichte Art nicht nur diese Sterne selbst, sondern auch dann die Sternbilder, in welche sie gehören, in kurzer Zeit kennen zu lernen und für immer in Bekanntschaft zu erhalten, ohne Verwechslungen befürchten zu müssen. Verlängert man die Deichsel des Himmelswagens genugsam, so trifft man endlich auf einen Fixstern erster Größe, den Arktur im Bootes, der mit dem Polarstern und der Waage in der Leier ein gleichschenkliges Dreieck bildet, an dessen Spitze Arktur stehet. Der Polarstern, der die Deichselspitze des kleinen Himmelswagens bildet, ist ein sehr wichtiger Stern, der, weil er nahe am Nordpol der Himmelskugel stehet, die Richtung von Süden nach Norden angiebt, sobald man nach ihm siehet, so wie zugleich seine Höhe über dem Horizonte fast der Polhöhe des Beobachtungsortes gleich ist. Zieht man ferner eine gerade Linie von Wega aus nach dem Arktur, und verlängert sie beinahe so weit, als Arktur von der Wega absteht, so stößt man auf die Spica, einen Fixstern erster Größe in der Jungfrau. Spica nun bildet sowohl mit Denebola (der Schwanzspitze des Löwens) und mit Arktur, als auch mit diesem und dem Sterne α der Waage ein ziemlich gleichschenkliges Dreieck; von dem erstern Dreiecke bildet Spica, vom zweiten aber Arktur die Spitze. Der erwähnte Stern α in der Waage, der mit drei andern in der Nähe fast ein Oblongum formirt, das die Hauptsterne der Waage zu seinen Ecken hat, liegt mit dem Polarsterne und Arktur fast in einer geraden Linie. — Ferner bil-

den, wie die Charte zeigt, die Wega, der Polarstern, die Capella und der Aldebaran, fast gleichweit von einander abstehend, einen großen flachen Bogen. Aldebaran, der mit röthlichem Lichte glänzt, ist daran zu erkennen, daß er einer jener fünf nahe bei einander stehenden Sterne ist, welche ein V formiren und die Hyaden heißen. Aldebaran und Capella stehen mit Castor, einem Sterne erster Größe, in einem rechtwinkligen Dreiecke, in dessen rechtem Winkel Capella stehet. Castor formirt auch mit γ des großen Bären, dem Polarstern und der Capella ein großes, beinahe regelmäßiges Oblongum, γ des großen Bären aber mit Castor und Regulus ein großes, fast gleichseitiges Dreieck, so daß neben diesem Dreieck Regulus mit Denebola und γ des großen Bären ein rechtwinkliges Dreieck bildet, an dessen rechtem Winkel Denebola stehet. Eine Linie von Denebola nach dem Polarstern gezogen, und dann ziemlich weit noch verlängert, trifft auf einen hellen Stern, der mit drei andern hellen Sternen ein ziemlich großes und fast regelmäßiges Viereck bildet, das den größten Theil des Pegasus giebt. So kann man nach und nach fortfahren, gerade Linien oder Bogen auf der Charte von bereits bekannten Sternen aus zu ziehen, um dasselbe in Gedanken auch am Himmel zu verrichten, um auf diese Weise die wichtigsten Sterne und Sternbilder kennen zu lernen. In »Bode's Betrachtung der Gestirne und des Weltgebäudes ꝛc. 2te Aufl. Berlin 1823. Nicolaische Buchhdlg.« findet man S. 105 bis 294 monatliche Betrachtungen zu bestimmten Abendstunden, als eine andere Art, sich mit dem gestirnten Himmel in vertraute Bekanntschaft zu setzen, ohne hierbei eines Himmelsglobus oder einer Sterncharte benöthigt zu sein.

§. 49. Man kann auch einzelne der größten Sterne

auf folgende Weise kennen lernen. Man stellt eine Himmelskugel für seinen Beobachtungsort und für den Tag und die Stunde des Abends oder der Nacht, zu welcher Zeit man den gestirnten Himmel betrachten will. Dann darf man nur nachsehen, in welcher Himmelsgegend und in welcher Höhe über dem Horizonte ein bestimmter Stern stehet. Richtet man nun den Blick nach der, am Globus gefundenen, Himmelsgegend und so weit aufwärts am Himmel, als die vom Globus gefundene Höhe beträgt, so wird man dann jenen bestimmten Stern wirklich am Himmel antreffen und auf diese Art kennen gelernt haben. Auf diese Weise findet sich z. B. mittelst des Himmelsglobus, daß am 18. Januar Abends 7 1/2 Uhr vom Zenith aus nur etwas gegen Ost-Süd-Osten, außerhalb der Milchstraße, ein schöner Stern erster Größe, die Capella, stehet. Man darf daher bloß über sich zum gestirnten Himmel aufblicken, um außerhalb der Milchstraße nach Ost-Süd-Osten zu die Capella wirklich zu erblicken. So wird man ferner mittelst des Globus finden, daß am 1. Sept. Abends nach 9 Uhr im Osten zum Norden, noch niedrig am Himmel, sich ein Stern vierter Größe, Mesarthim genannt, zeigt, unter einem Sterne dritter Größe, der am Horne des Widders stehet; u. s. w.

Anmerkung. Die Astronomen bedienen sich außer den Sternkarten auch noch gewisser Verzeichnisse, in denen der Ort der vornehmsten Sterne nach ihrer mittlern geraden Aufsteigung und Abweichung für ein gewisses Jahr nebst den jährlichen Veränderungen ihrer Aufsteigungen und Abweichungen genau berechnet angegeben ist. Man nennt solche Sternverzeichnisse gewöhnlich Sternkataloge. Bessel hat für 47 der wichtigsten Sterne die mittlern Oerter für das Jahr 1843 genau bestimmt, welche Bestimmungen hier um so eher angegeben stehen mögen, als man öfters veranlaßt wird, bei Zeitbestimmungen die gerade Aufsteigung und Abweichung eines Sterns genau zu kennen und mit in Rechnung zu bringen.

Mittlere Oerter

von 47 Hauptsternen für das Jahr 1843 nach Bessel.

Namen.	Mittlere gerade Aufsteigung.			Jährliche Veränder.	Mittl. Abweichung.	Jährliche Veränder.
	St.	M.	S.	Sek.		Sek.
α Andromeda	0	0	16,9	+ 3,1	+28° 13′ 24″,4	+ 19″,9
γ Pegasus	0	5	9,5	+ 3,1	+14 18 36,8	+20, 0
α Cassiopeja	0	31	38,1	+ 3,3	+55 40 30, 3	+19, 8
α Widder	1	58	20,1	+ 3,4	+22 43 0, 7	+17, 3
α Wallfisch	2	54	4,6	+ 3,1	+ 3 28 10, 1	+14, 4
α Perseus	3	18	8,8	+ 4,2	+49 17 47, 3	+13, 3
α Stier	4	26	55,0	+ 3,4	+16 11 16, 7	+ 7, 8
α Fuhrmann	5	5	6,0	+ 4,4	+45 49 50, 5	+ 4, 3
β Orion	5	6	59,7	+ 2,9	— 8 23 18, 1	+ 4, 6
β Stier	5	16	22,3	+ 3,8	+28 18 4, 4	+ 3, 6
α Orion	5	46	40,4	+ 3,2	+ 7 22 18, 6	+ 1, 2
α groß. Hund	6	38	13,6	+ 2,6	—16 30 21, 3	— 4, 6
α Zwillinge	7	24	34,0	+ 3,8	+32 13 34, 3	— 7, 3
α klein. Hund	7	31	4,8	+ 3,1	+ 5 37 18, 3	— 8, 8
β Zwillinge	7	35	42,0	+ 3,7	+28 23 58, 3	— 8, 2
α Wasserschlange	9	19	52,2	+ 2,9	— 7 58 53, 7	—15, 3
α Löwe	10	0	0,2	+ 3,2	+12 43 54, 8	—17, 4
α groß. Bär	10	53	59,1	+ 3,8	+62 35 48, 9	—19, 3
β Löwe	11	41	2,8	+ 3,1	+15 26 58, 0	—20, 1
β Jungfrau	11	42	31,0	+ 3,1	+ 2 38 56, 1	—20, 3
γ groß. Bär	11	45	32,9	+ 3,2	+54 34 2, 3	—20, 0
α Jungfrau	13	16	55,8	+ 3,1	—10 20 24, 9	—19, 0
η groß. Bär	13	41	20,9	+ 2,4	+50 5 55, 7	—18, 2
α Bootes	14	8	30,1	+ 2,7	+20 0 8, 8	—19, 0
1. α Waage	14	42	0,8	+ 3,3	—15 20 26, 8	—15, 3
2. α Waage	14	42	12,2	+ 3,3	—15 23 7, 8	—15, 3
β klein. Bär	14	51	13,9	+ 0,3	+74 47 48, 7	—14, 8
α Krone	15	28	2,5	+ 2,5	+27 14 48, 1	—12, 4
α Schlange	15	36	32,3	+ 3,0	+ 6 55 24, 6	—11, 7
α Skorpion	16	19	47,5	+ 3,7	—26 4 40, 6	— 8, 5
α Herkules	17	7	29,4	+ 2,7	+14 34 25, 4	— 4, 5
α Ophiuchus	17	27	38,8	+ 2,8	+12 40 44, 9	— 3, 0
γ Drache	17	52	57,9	+ 1,4	+51 30 33, 6	— 0, 7
α Leier	18	31	37,4	+ 2,0	+38 38 26, 7	+ 3, 0
γ Adler	19	38	47,8	+ 2,9	+10 14 5, 6	+ 8, 4
α Adler	19	43	7,4	+ 2,9	+ 8 27 28, 7	+ 9, 1
β Adler	19	47	36,1	+ 2,9	+ 6 1 7, 1	+ 8, 6
1. α Steinbock	20	8	56,5	+ 3,3	—12 59 21, 1	+10, 7
2. α Steinbock	20	9	20,4	+ 3,3	—13 1 38, 4	+10, 7
α Schwan	20	36	4,8	+ 2,0	+44 43 18, 0	+12, 6
α Cepheus	21	14	49,7	+ 1,4	+61 55 17, 0	+15, 1

Namen.	Mittlere gerade Aufsteigung	Jährliche Veränder.	Mittl. Abweichung.	Jährliche Veränder.
	St. M. S.	Sek.		Sek.
β Cepheus	21 26 36,6	+ 0,8	+ 9°52′18″,6	+ 15″,7
α Wassermann	21 57 43,1	+ 3,1	— 1 4 49, 4	+ 17, 2
α südl. Fische	22 48 57,9	+ 3,3	—30 27 15, 1	+ 18, 9
α Pegasus	22 56 56,6	+ 3,0	+ 14 21 42, 3	+ 19, 3
Polarstern	1 3 1,2	+ 16,8	+ 88 28 19, 9	+ 19, 3
δ klein. Bär.	18 22 58,4	— 19,2	+ 86 35 35, 5	+ 2, 0

In den beiden Columnen der jährlichen Veränderungen zeigt das +Zeichen an, daß die gerade Aufsteigung oder die Abweichung (sobald nämlich die letztere das Zeichen + hat, also nördlich ist) mit der Zeit zunimmt. Dagegen giebt das — Zeichen zu verstehen, daß die gerade Aufsteigung oder die Abweichung (sobald nämlich die letztere das Zeichen — hat, also südlich ist) mit der Zeit jene abnimmt, diese zunimmt. Nördliche Abweichungen, deren jährliche Veränderungen das Zeichen — haben, nehmen mit der Zeit ab, so auch südliche Abweichungen, deren jährliche Veränderungen das Zeichen + haben.

Dreizehntes Kapitel.

Von der Bestimmung des Standes einer Pendeluhr oder einer Taschenuhr aus Beobachtungen.

§. 50. Wir wollen zuerst den Fall annehmen, es soll der Stand einer Pendel- oder Taschenuhr, die, nach mittlerer Zeit gehend, nicht zu genauen astronomischen Beobachtungen, sondern nur zum Gebrauche im gewöhnlichen Leben bestimmt ist, ermittelt werden, ein Fall, zu dem auch die Stellung einer Thurmuhr in einer kleinen Stadt oder auf dem Lande gehört, welches Geschäft meistens den Küstern oder Landschullehrern überlassen ist. Dieser Fall ist der einfachste von allen; denn man darf, weil so mancher Uhrmacher, Küster und Landschullehrer astronomische Kenntnisse nicht genug besitzt und gewöhnlich unbemittelt ist, hier die Anwendung kostspieliger

Beobachtungswerkzeuge, so wie die Fertigkeit und Accuratesse im Beobachten, also auch keine bis auf Sekunden gehende genaue Bestimmung des Ganges der ihnen überlassenen Uhren erwarten oder verlangen. Dagegen kann man wohl hoffen, daß einer oder der andern der vorhin genannten Personen der Gebrauch einer Sonnenuhr in ihrem Wohnorte zu Gebote stehet, und daß diese Sonnenuhr möglichst genau, auch hinreichend groß verfertigt und, zuverlässig orientirt, in einer unveränderlichen Lage angebracht ist.

§. 51. Dieß jetzt vorausgesetzt, ist es nun ein Leichtes, den Stand einer jeden gewöhnlichen Thurm-, Pendel- oder Taschenuhr zu erfahren, indem man Achtung giebt, was die Uhr zeigt, sobald die Sonnenuhr genau 12 Uhr Mittag angiebt. Dann muß die notirte Uhrzeit dieselbe sein, welche in der I. Tafel neben dem Tage, an welchem diese Bestimmung vorgenommen, angegeben ist. Die I. Tafel nämlich enthält die mittlere Zeit, die eine Uhr zeigen muß, sobald die Sonnenuhr 12 Uhr Mittag weiset. Da diese Tafel die mittlere Zeit bloß bis auf Minuten berechnet enthält, so kann sie für den gegenwärtigen Zweck jedes Jahr angewandt werden. — Wir haben vorhin gesagt, die notirte Uhrzeit müsse mit der in der I. Tafel angegebenen übereinstimmen. Da dieß aber nicht immer der Fall sein wird, so muß nun die sich ergebende Differenz beider Zeiten der gesuchte Stand oder Fehler der Uhr sein.

Gesetzt, man habe den 20. November, als eine Sonnenuhr genau die zwölfte Stunde des Mittags zeigte, an dem Zifferblatte einer Thurmuhr die Zeit 11 Uhr 55 Minuten abgelesen. Da nun in der I. Tafel für die Tage vom 19. bis zum 22. Nov. die Zeit 11 Uhr 46 Min. stehet; so ist der Stand der Thurmuhr offenbar

+ 9 Minuten, d. h. die Thurmuhr gehet gegen die mittlere Zeit um 9 Min. vor. — Wenn eine Taschenuhr am 6. Februar 12 Uhr 8 Min. im Augenblicke des wahren Mittags (die Sonnenuhr nämlich giebt, wenn sie gerade auf 12 Uhr zeigt, den Augenblick des wahren Mittags an) gezeigt hätte; so würde man mittelst der I. Tafel alsbald finden, daß der Fehler dieser Taschenuhr an jenem Tage — 6 Min. betragen hätte, d. h. daß die Taschenuhr gegen die mittlere Zeit 6 Minuten nach gegangen wäre.

§. 52. Setzt man diese Art von Zeitbestimmung an etlichen auf einander folgenden Tagen fort, so erfährt man dann hierdurch auch den 24stündigen Gang der Uhr gegen mittlere Zeit bis auf die Minute genau. Gesetzt, man habe eine Wanduhr am 2., 3., 4. und 5. Januar zugleich mit der Sonnenuhr beobachtet, und die Uhrzeiten wären gewesen:

den 2. Jan.	12 Uhr 5 Min.
„ 3. „	12 „ 6 „
„ 4. „	12 „ 7 „
„ 5. „	12 „ 7 „

so würde die tabellarisch angeordnete Berechnung, wie fogt, stehen:

Januar.	Sonnenuhr.	Uhrzeit.	I. Tafel.	Fehler der Uhr.
2.	12 Uhr.	12 U. 5 M.	12 U. 4 M.	+ 1 Min.
3.	12 „	12 „ 6 „	12 „ 5 „	+ 1 „
4.	12 „	12 „ 7 „	12 „ 5 „	+ 2 „
5.	12 „	12 „ 7 „	12 „ 6 „	+ 1 „

Aus der letzten Columne dieser kleinen Tabelle würde nun folgen, daß die Wanduhr vom 2. zum 3. Januar weder voreilte noch nachblieb, daß sie aber vom 3. zum 4. Jan. 1 Minute voreilte und vom 4. zum 5. Januar 1 Minute zu langsam ging.

§. 53. Die vorhergehende Methode, die mittlere Zeit und somit den Stand oder Fehler der Uhr zu bestimmen, gewährt offenbar nur einen geringen Grad von Genauigkeit, indem von Berücksichtigung der Sekunden gar keine Rede sein kann. Wenn es aber darauf ankommt, die mittlere Zeit bis auf eine halbe Minute genau zu erfahren und hierbei den Fehler einer bereits ziemlich guten, überdieß Sekunden angebenden Uhr zu bestimmen; so wollen wir nun für diesen Fall ein Verfahren vorschlagen, das fast immer eine Genauigkeit bis auf 20 Sekunden herab zuläßt, den Gebrauch eines Beobachtungswerkzeuges aber erfordert, welches daher zuerst beschrieben werden muß, ehe zu dem Beobachten mit demselben übergegangen werden kann. Das Verfahren selbst besteht in dem Beobachten sogenannter correspondirender Sonnenhöhen und das hierzu dienende Instrument ist der Sextant.

§. 54. Figur 3 zeigt den Sextanten in seiner einfachsten und billigsten Verfertigung. Derselbe besteht aus einem, von trockenem hartem Holze verfertigten Kreissector DEF, welcher auf seiner vordern, ganz ebenen Fläche einen Bogen DF, in 60 Grade eingetheilt, des Kreises enthält, dessen Mittelpunkt E ist und von welchem das Loth EG herabhängt. Dieser Sector DEF darf sich aber durchaus nicht ziehen oder werfen. An dem Seitenarme DE befindet sich an der, mit H bezeichneten, Stelle ein kleines Loch und bei I auf der innern Wand des Holzes ein bemerkbar gemachter Punkt. Jenes kleine Loch und dieser Punkt nun müssen in derjenigen geraden Linie HI liegen, welche senkrecht auf dem, vom Centrum E des Sextanten nach dem Nullpunkte der Theilung gezogenen Halbmesser stehet. In m gehet durch den kleinen Querbalken KL ein Gewinde, um das sich der ganze Sex-

tant DEF sanft bewegen läßt. Dieses Gewinde bestehet in einer Schraube, durch welche der Sextant an das Stativ ABC so angeschraubt ist, daß für den Sextanten selbst eine sanfte Umdrehung möglich ist. Wegen der Kleinheit der Figur sind auf dem Kreisbogen DF die einzelnen 60 Grade nicht wirklich, sondern nur die beiden Endpunkte der Theilung, nämlich 0° und 60°, angegeben. Die Theilung wird nicht auf das Holz selbst, sondern auf einen Streifen von Messing oder Elfenbein, der in den hölzernen Bogen DF eingelassen ist, aufgetragen. Der Nullpunkt und somit jeder einzelne Grad der ganzen Theilung findet sich auf der richtigen Stelle, sobald, wenn der Sextant so weit herumgedreht worden, bis der Faden des Lothes EG genau in dem Nullpunkte (0°) der Theilung einspielt, die Linie HI genau die horizontale Richtung besitzt. Endlich ist noch zu bemerken, daß, wenn man mit dem Sextanten Beobachtungen anstellen will, das Stativ ABC zwar beliebig, doch immer bereits so stehen muß, daß die Vorderfläche DEF des Sextanten, wo die Theilung ist, von dem Faden des Lothes EG nur wenig und in der Art gestreift wird, daß das Loth selbst in seinem freien Spiel niemals gehemmt ist. Um diesen Zweck leicht zu erreichen, kann man in dem Stativ ABC drei Schrauben anbringen, durch welche es nicht bloß möglich wird, die Vorderfläche des Sextanten genau senkrecht zu stellen, sondern auch mittelst einer der drei Schrauben dem Sextanten eine sanft auf- und niedergehende Bewegung zu geben. Verschiebt man alsdann den Sextanten so lange, bis ein durch das kleine Loch H gehender Sonnenstrahl gerade in dem Punkte I auftrifft, so schneidet nunmehr der Faden des Lothes diejenige Anzahl von Graden ab, die ein Winkel enthält, welcher der in dem Augenblicke der Beobachtung stattfindenden scheinbaren

Höhe der Sonne gleich ist. Gesetzt z. B. der Sextant DEF habe, wenn das Sonnenpünktchen in I auftrifft, gerade die Stellung, welche er in Fig. 3 hat, so wird die gemessene scheinbare Sonnenhöhe gleich dem Winkel DEg sein, der mithin durch den Bogen 0° g gemessen wird.

Indessen haben wir, ehe wir zu den Beobachtungen mit dem Sextanten selbst übergehen, noch einige Bemerkungen hinzu zu fügen. — Es ist nicht gut, den Sextanten kleiner, als 8 Zoll und größer als 10 Zoll im Halbmesser zu machen, wohl aber braucht man sich nicht zu scheuen, den Sextanten nur von Holz machen zu lassen, da die meisten Seesextanten auch bloß von Holz verfertigt sind. Weil es so schwer ist, die Theilung in 60 einzelne Grade ganz genau zu bewerkstelligen, sobald man keine Theilmaschine hat, so kann dieser großen Schwierigkeit dadurch ausgewichen werden, daß man, nachdem der Theilungsbogen mit einem Stangenzirkel gezogen und der Anfangs- und Endpunkt desselben angegeben ist, einen feinen Federzirkel auf eine beliebige kleine Weite stellt und diese so oft im Bogen umschlägt, als es angehet. Hierdurch wird man gewiß vollkommen gleich große Theile erhalten. Der Werth eines solchen Theils läßt sich dann leicht in Graden, Minuten und Sekunden berechnen, worüber eine kleine Tabelle, des Gebrauchs wegen, angefertigt werden muß. Gesetzt, man habe 96 Theile erhalten, so wird ein solcher Theil 0° 37′ 30″ enthalten; man hat also eine Tabelle zu entwerfen, deren Anfang folgender ist.

Theile.	Winkel.
1	0° 37′ 30″
2	1 15 0
3	1 52 30
4	2 30 0

u. s. w.

Umgekehrt, wird 1 Grad 1,6 Theile enthalten; man hat also eine zweite Tabelle zu entwerfen, deren Anfang folgender ist:

Grade.	Theile.
1/2	0,8
1	1,6
1 1/2	2,4
2	3,2
2 1/2	4,0

u. s. w.

Zum Loth endlich wird man statt eines Seidenfaden besser ein Kinderhaar nehmen. Denn obschon es Silberfäden giebt, die sehr fein sind, so zeigen sie ihres Glanzes wegen doch nicht so deutlich wie ein Haar.

§. 55. Hat man einen solchen gut gearbeiteten, genau construirten Sextanten mit richtiger Theilung in ganze und halbe Grade, so kann man dann mit diesem Werkzeuge jede Höhe der Sonne messen, folglich auch correspondirende Sonnenhöhen nehmen. Unter diesen werden nämlich zwei gleiche Höhen der Sonne verstanden, von denen die eine des Vormittags und die andere des Nachmittags gemessen worden ist. Da nun, sobald eine kleine Änderung des Laufs der Sonne in Bezug auf den Äquator während des Tages nicht beachtet wird, diese beiden gleichen Sonnenhöhen zu den Zeiten stattfinden, die gleichweit vom Mittag entfernt sind; so darf man nur die Vormittags- und Nachmittagszeit, welche die Uhr in dem Augenblicke, da jede dieser beiden gleichen Sonnenhöhen stattfand, zeigte, sofort aufschreiben, dann addiren und die Summe endlich halbiren. Es wird dann das Resultat die Zeit geben, welche die Uhr in dem Augenblicke des wahren Mittags gewiesen hat. — Ein Beispiel wird dieses Verfahren mehr erläutern.

In Leipzig wurden im Jahre 1840 den 27. März mit dem Sextanten folgende correspondirende Sonnenhöhen observirt:

Observirte Höhen.	Notirte Uhrzeiten. Vormittags.			Nachmittags.			Berechnete Uhrzeit im wahren Mittage.		
	U.	M.	S.	U.	M.	S.	U.	M.	S.
23°	8	46	9	16	16	4	12	31	6,5
$23^1/_4$°	8	49	9	16	13	3	12	31	6,0
$23^1/_2$°	8	49	45	16	12	28	12	31	6,5
$23^3/_4$°	8	50	20	16	11	51	12	31	5,5
					Mittel:		12	31	6,1

Man beobachtet nämlich, um nicht zu sehr von der Veränderlichkeit der Witterung abzuhängen und um mehr Genauigkeit zu erzielen, mehrere correspondirende Sonnenhöhen zu beliebigen Zeiten, doch nicht zu nahe am Sonnenaufgang, Mittag und Sonnenuntergang. Ferner schreibt man 13, 14, 15 Uhr u. s. w. statt 1, 2, 3 Uhr u. s. w. Dann nimmt man aus den gefundenen einzelnen Uhrzeiten des wahren Mittags das arithmetische Mittel, welches in unserem Beispiele 12 Uhr 31 Min. 6,1 Sek. beträgt; d. h. die Uhr wieß im Augenblicke des wahren Mittags 12 Uhr 31 Min. 6 Sek. Da nun im Kalender für 1840 Monat März in der Columne der mittleren Zeit im wahren Mittage neben dem 27. März 12 U. 5 M. 26 S. stehet; so beträgt der Fehler der Uhr am 27. März Mittags + 25 Min. 40 Sek., um so viel ging nämlich die Uhr voraus.

Die Anwendung beobachteter correspondirender Sonnenhöhen zur Bestimmung des Standes einer Uhr giebt, sobald eine gewisse, im folgenden Paragraphen vorkommende, Correction nicht berücksichtigt wird, bloß dann ganz genaue Resultate, wenn die Beobachtungen in die Monate Juni und December fallen, während die Unge-

wißheit der gefundenen Resultate bei denjenigen Beobachtungen, die in die Monate März und September fallen, leicht bis auf 25 Sekunden steigen kann.

§. 56. Wir kommen jetzt zu dem dritten Falle, wo nämlich verlangt wird, die mittlere Zeit bis auf ein paar Sekunden genau zu bestimmen. Dieß aber wird möglich, wenn man die im vorigen Paragraphen gelehrte Bestimmungsmethode anwendet, hierauf aber das gefundene Mittel der einzelnen berechneten Uhrzeiten im wahren Mittage noch durch diejenige Anzahl von Sekunden, die sich durch nachstehende Rechnungsvorschrift ergiebt, gehörig corrigirt. Zur leichtern Berechnung dieser Correction dienen die II., III., IV. und V. Tafel. Der Gebrauch derselben und die Correctionsberechnung selbst soll jetzt für das letzte Beispiel genugsam erläutert werden.

Man sucht zuerst die Zwischenzeiten zwischen den Vormittags- und Nachmittagsbeobachtungen, jedoch bloß bis auf die Minute. Es wird demnach die halbe mittlere Zwischenzeit = 3 Stunden 42 Minuten gefunden werden. Nun geht man mit der Polhöhe von Leipzig, nämlich mit 51° 20′, in die II. Tafel ein und man wird 1,25 finden. Mit der berechneten halben mittlern Zwischenzeit 3 St. 42 M. suche man in der III. Tafel die Werthe von A und B, diese sind A = — 0,0062, B = 0,0036. Der Beobachtungstag, nämlich der 27. März, giebt in der V. Tafel: Aa = 2° 26′, Bb = 2817. Endlich geht man noch mit dem gefundenen Werthe Aa = 2° 26′ in die IV. Tafel ein und findet so den Werth von C = 0,04, wobei man sich jedoch zu merken hat, daß C auch negativ zu nehmen ist, d. h. das Zeichen — erhält, wenn Aa das Zeichen — hat. Nun multiplicire man die Werthe von Bb, A und die zuerst mit der Polhöhe des Beobachtungsortes aus der II. Tafel entlehnte Zahl mit einander, nämlich:

$$(2817) \times (-0{,}0062) \times (1{,}25),$$

so kommt das Product — 21,8. Dann multiplicire man auch die Werthe von Bb, B und C mit einander, nämlich:

$$(2817) \times (0{,}0036) \times (0{,}04),$$

so kommt das Product 0,4. Endlich wird die Summe — 21,8 + 0,4 der gefundenen beiden Producte die gesuchte Correction — 21,4 in Zeitsekunden geben. Man hat also, weil 12 U. 31 M. 6,1 S. als die mittlere Uhrzeit im wahren Mittage gefunden, folgende Rechnung:

mittlere Zeit im wahren Mittage	12 U.	31 M.	6,1 S.
berechnete Correction . . .			— 21,4 S.
verbesserte Uhrz. d. wahren Mittags	12 U.	30 M.	44,7 S.
für den 27. März ist die mittlere Zeit im wahren Mittage .	12	5	26,0
folgl. Fehler d. U. am 27. März 1840		+ 25 M.	18,7 S.

d. h. die Uhr ging Mittags den 27. März um 25 Min. 19 Sek. gegen die mittlere Zeit voraus.

Diese Rechnungsweise setzt freilich eine Bekanntschaft der Multiplication mit positiven und negativen Decimalbrüchen, so wie der Interpolation beim Gebrauch der V. Tafel voraus.

§. 57. Die so eben vorgetragene Methode führt jedoch drei Übelstände mit sich. Zuerst hängt man gar zu sehr von der veränderlichen Gunst der Witterung ab. Der zweite Übelstand liegt darin, daß man wegen der Beschaffenheit des Sextanten und wegen der Strahlenbrechung keine ganz große Genauigkeit im Beobachten erringen kann. Drittens ist die Berechnung etwas umständlich, zumal wenn sie oft wiederholt werden soll, und kommt denen, die im Rechnen überhaupt nicht sehr geübt sind, wegen der vorkommenden Decimalbrüche und Vorzeichen bisweilen sehr schwierig vor, so daß solche Rechner manchmal leicht auf

Zweifel hinsichtlich ihrer gefundenen Resultate stoßen werden. Indessen könnte die Berechnung, wenn man die Genauigkeit nicht gerade bis auf Zehntelsekunden treiben wollte und sobald die correspondirenden Sonnenhöhen zwischen 9 Uhr Vorm. und 3 Uhr Nachm. genommen würden, durch die Anwendung einer kleinen Tabelle vermieden werden, die für einen gewissen Grad der geographischen Breite auf jeden Tag des Jahres die, in Sekunden ausgedrückte, Mittagsverbesserung berechnet enthält. Wir theilen ein solches Täfelchen mit, das für alle Orte brauchbar ist, deren Breite zwischen 51 und 52 Grad fällt, jedoch in der Voraussetzung, daß die correspondirenden Sonnenhöhen in der oben angegebenen Zwischenzeit genommen worden sind.

Tag.	Januar.	Februar.	März.	April.	Mai.	Juni.
1	— 5″	— 18″	— 22″	— 20″	— 14″	— 5″
2	— 5	— 18	— 22	— 19	— 13	— 5
3	— 6	— 18	— 22	— 19	— 13	— 5
4	— 7	— 18	— 22	— 19	— 13	— 5
5	— 7	— 18	— 22	— 19	— 13	— 4
6	— 8	— 19	— 22	— 19	— 12	— 4
7	— 8	— 19	— 22	— 19	— 12	— 4
8	— 9	— 19	— 22	— 18	— 12	— 4
9	— 9	— 19	— 22	— 18	— 11	— 3
10	— 9	— 20	— 22	— 18	— 11	— 3
11	— 10	— 20	— 21	— 18	— 11	— 3
12	— 10	— 20	— 21	— 18	— 11	— 2
13	— 11	— 20	— 21	— 17	— 11	— 2
14	— 11	— 20	— 21	— 17	— 10	— 2
15	— 12	— 20	— 21	— 17	— 10	— 2
16	— 12	— 21	— 21	— 17	— 10	— 1
17	— 12	— 21	— 21	— 17	— 9	— 1
18	— 13	— 21	— 21	16	— 9	— 1
19	— 13	— 21	— 21	— 16	— 9	0
20	— 14	— 21	— 21	— 16	— 9	0
21	— 14	— 21	— 21	— 16	— 8	0
22	— 14	— 21	— 21	— 16	— 8	0
23	— 15	— 21	— 21	— 15	— 8	0
24	— 15	— 21	— 21	— 15	— 8	+ 1
25	— 16	— 21	— 21	— 15	— 7	+ 1
26	— 16	— 22	— 20	— 15	— 7	+ 1
27	— 16	— 22	— 20	— 14	— 7	+ 2
28	— 17	— 22	— 20	— 14	— 7	+ 2
29	— 17	— 22	— 20	— 14	— 6	+ 2
30	— 17		— 20	— 14	— 6	+ 2
31	— 17		— 20		— 6	

Die in diesem Täfelchen befindliche Correction wird zu der unverbesserten Uhrzeit des wahren Mittags addirt, wenn das Zeichen +, dagegen subtrahirt, wenn das Zeichen — vor der Correction stehet. — Gesetzt nun, man habe zu Eilenburg den 14. September nach 9 Uhr Vormittags und vor 3 Uhr Nachmittags zwei übereinstimmende Sonnenhöhen observirt, und bei der ersten Observation aufgeschrieben 9 Uhr 2 Min. 15 Sek., bei der zweiten aber 14 Uhr 58 Min. 47 Sek. Da aus obigem Täfelchen die Mittagsverbesserung am 14. Sept. + 20

Tag.	Juli.	August.	September.	October.	November.	December.
1	+ 3″	+ 11″	+ 18″	+ 21″	+ 20″	+ 10″
2	+ 3	+ 11	+ 18	+ 21	+ 20	+ 10
3	+ 3	+ 11	+ 18	+ 21	+ 19	+ 9
4	+ 3	+ 12	+ 18	+ 21	+ 19	+ 9
5	+ 4	+ 12	+ 18	+ 21	+ 19	+ 8
6	+ 4	+ 12	+ 19	+ 21	+ 19	+ 8
7	+ 4	+ 12	+ 19	+ 22	+ 19	+ 8
8	+ 5	+ 13	+ 19	+ 22	+ 18	+ 7
9	+ 5	+ 13	+ 19	+ 22	+ 18	+ 7
10	+ 5	+ 13	+ 19	+ 22	+ 18	+ 6
11	+ 5	+ 13	+ 19	+ 22	+ 18	+ 6
12	+ 6	+ 14	+ 19	+ 22	+ 17	+ 5
13	+ 6	+ 14	+ 20	+ 22	+ 17	+ 5
14	+ 6	+ 14	+ 20	+ 21	+ 17	+ 4
15	+ 7	+ 14	+ 20	+ 21	+ 16	+ 4
16	+ 7	+ 14	+ 20	+ 21	+ 16	+ 3
17	+ 7	+ 15	+ 20	+ 21	+ 16	+ 3
18	+ 7	+ 15	+ 20	+ 21	+ 15	+ 2
19	+ 8	+ 15	+ 21	+ 21	+ 15	+ 2
20	+ 8	+ 15	+ 21	+ 21	+ 15	+ 1
21	+ 8	+ 16	+ 21	+ 21	+ 14	0
22	+ 8	+ 16	+ 21	+ 21	+ 14	0
23	+ 9	+ 16	+ 21	+ 21	+ 14	0
24	+ 9	+ 16	+ 21	+ 21	+ 13	1
25	+ 9	+ 16	+ 21	+ 21	+ 13	— 2
26	+ 9	+ 17	+ 21	+ 21	+ 13	— 2
27	+ 10	+ 17	+ 21	+ 21	+ 12	— 3
28	+ 10	+ 17	+ 21	+ 20	+ 12	— 3
29	+ 10	+ 17	+ 21	+ 20	+ 11	— 4
30	+ 10	+ 17	+ 21	+ 20	+ 11	— 4
31	+ 11	+ 18	+ 21	+ 20		— 5

Sekunden beträgt, so hat man folgende kleine Rechnung:

Uhrzeit Vormittags . . .	9 U.	2 M.	15 S.
Nachmittags . .	14 „	58 „	47 „
Summe:	24 U.	1 M.	2 S.
folglich halbe Summe . .	12 U.	0 M.	31 S.
hierzu Mittagsverbesserung .		+	20 „
verbesserte Uhrzeit des wahren Mittags	12 U.	0 M.	51 S.

Die Uhr ging mithin um 51 Sekunden der mittleren

Zeit voraus, d. h. im Augenblick der Culmination der Sonne zeigte die Uhr 51 Sekunden zu viel. — Wir wollen jetzt auf eine andere Bestimmungsmethode (des Fehlers einer Uhr) bedacht sein, welche größere Schärfe im Beobachten zuläßt, das Resultat noch weit genauer zu finden lehrt und doch keine so umständlichen Rechnungen erfordert, als es bei dem zuletzt erklärten Verfahren der Fall ist. Diese Bestimmungsmethode erfordert aber die Anwendung einer sehr genau bestimmten, etwas länger als gewöhnlich gezogenen, Mittagslinie und den Gebrauch eines sogenannten Mittagsfernrohrs oder Passageninstruments. Es ist daher nöthig, zuerst von der Mittagslinie und von dem Passageninstrumente ausführlich zu sprechen.

Vierzehntes Kapitel.

Von der Mittagslinie und von dem Passageninstrument.

§. 58. Bekanntlich wird die Länge und Richtung einer geraden Linie durch die Lage ihrer beiden Endpunkte in der Ebene vollkommen bestimmt. Aus dieser Erklärung folgt, daß man sich im Freien eine sehr lange gerade Linie bereits gezogen denken kann, sobald nur ihre beiden Endpunkte abgesteckt sind. Es kann daher für einen bestimmten Beobachtungsort eine Mittagslinie von beliebiger Länge, ohne daß man sie Schritt für Schritt wirklich zu ziehen braucht, im Freien genau angegeben werden, sobald man nur an seinem Beobachtungsorte ein Fernrohr aufstellt, die Richtung desselben genau in die Mittagsfläche bringt, hierauf durch das Fernrohr nach Süden blickt und nun in beliebig großer Entfernung einen Stab oder eine Säule so über dem Erdboden auf-

richtet, daß der Stab oder die Säule gerade mitten im Fernrohre gesehen wird. Dann stellen die beiden Orte, wo das Fernrohr und die Säule stehen, die beiden Endpunkte der, im Freien als gezogen gedachten, Mittagslinie vor und letztere bleibt so lange die Mittagslinie, als Fernrohr und Säule ihren Ort unverändert behalten. Es geht hieraus hervor, daß eine so abgesteckte Mittagslinie viel länger sein kann, als es auf einer kleinen Ebene durch wirkliche Ziehung möglich sein würde. Eine solche im Großen abgesteckte Mittagslinie wird gewöhnlich die Länge von einer Viertelstunde bis zu zwei Stunden erhalten, indem man die mehrerwähnte Säule eine Viertelstunde bis zu zwei Stunden weit vom Fernrohre entfernt, wie es gerade das Terrain und die Aussicht gestattet, aufzurichten pflegt. Ferner erhellet schon ohne geometrische Kenntnisse, daß eine sehr lang abgesteckte Mittagslinie stets mehr Genauigkeit gewähren müsse, als eine kurze, meistens bloß auf einer Tafel gezogene. Es entstehen nun aber die wichtigen Fragen: 1) Auf welche Art wird es möglich, eine Mittagslinie ganz genau in der Richtung der Meridianebene abzustecken; 2) wie muß die Säule, welche gewöhnlich das **Meridianzeichen** oder die **Meridianmarke** genannt wird, beschaffen sein; und 3) welche Einrichtung und Aufstellung muß das mehr erwähnte Fernrohr (Mittagsfernrohr) erhalten.

§. 59. Wir haben uns daher zuerst mit der Art Weise bekannt zu machen, eine Mittagslinie des Beobachtungsortes genau in der Richtung der Meridianebene abzustecken. Nachdem der Platz, wo das Fernrohr aufgestellt werden soll, bestimmt worden ist, stelle man sich auf diesen Platz und sehe an einem hellen Tage nach der Sonne in dem Augenblicke, wo eine Uhr, die fast genau die mittlere Zeit zeigt, diejenige Stunde und Minute angiebt, welche

es an diesem Tage in dem Augenblicke des wahren Mittags sein muß. Dann wird man, in dieser Richtung des Sehens, im Süden fast immer auf ein im Freien stehendes Object stoßen, das demnach, wie man zu sagen pflegt, beinahe im Meridian stehet. Man stelle hierauf das Fernrohr beiläufig auf, richte es auf jenes Object, lasse eine Person nach Süden so weit fortgehen, als das Meridianzeichen vom Fernrohre abstehen soll, und lasse diese Person an eine geeignete Stelle so lange rechts oder links treten, bis man sie mitten in dem bereits gerichteten Fernrohre erblickt. Damit aber jene Person sicher erfährt, wie sie sich zu bewegen habe und wann sie endlich still stehen bleiben soll, kann man mit derselben einige gewisse Zeichen verabreden, die, wenn sie am Fernrohre gegeben werden, von dieser Person sofort leicht wahrzunehmen sind. Auf dem Flecke nun, wo diese Person zufolge des ihr zuletzt gegebenen Zeichens hat stehen bleiben müssen, ist derjenige Punkt, in welchem jetzt das Meridianzeichen aufzurichten sein wird.

§. 60. Die Meridianmarke wird aus einem vierkantigen Obelisk von Sandstein gebildet. Dieser steinerne Obelisk erhält, damit er sich nicht senkt, einen sichern Grund, und ist so hoch zu errichten, daß seine obere Hälfte von dem entfernt stehenden Mittagsfernrohre jederzeit gesehen werden könne. Gemeiniglich giebt man dem Meridianzeichen eine Höhe von einer bis fünf Ellen. Auf derjenigen Seitenfläche des Obelisk, welche dem Fernrohre zugekehrt ist, werden zwei Striche von schwarzer Farbe, mäßig dick, senkrecht gezogen, welches Ziehen jedoch erst stattfinden kann, sobald das Passageninstrument ganz eingerichtet und sicher genug aufgestellt worden ist. Wir werden auf diese beiden schwarzen Striche in der Folge (§. 70) zurückkommen.

§. 61. Wir haben uns endlich auch mit der Einrichtung und Aufstellung des Mittagsfernrohrs näher bekannt zu machen. Der zur Aufstellung des Fernrohrs bestimmte Platz muß so beschaffen sein, daß dessen Lage niemals zufälligen Veränderungen oder Erschütterungen ausgesetzt ist. Es soll in der Folge angenommen werden, man habe hierzu einen auf ebener Erde befindlichen Platz gewählt. Sonst kann auch in einem nach Mittag zu gelegenen Fenster eines solid gebauten Hauses die Aufstellung des Instruments bewerkstelligt werden. Hierauf lasse man sich zwei vierkantige Pfeiler (Fig. 3) ABCD, EFGH von hartem Holze so lang verfertigen, daß sie, wenn sie in genau senkrechter Stellung ganz sicher befestigt worden sind, noch eine Höhe AB haben, bei welcher, wie wir bald erfahren werden, die mittelst des Fernrohrs anzustellenden Beobachtungen mit möglichster Bequemlichkeit verrichtet werden können. Die Pfeiler müssen jeder etwa 5 bis 6 Zoll stark sein und ungefähr $6\frac{1}{2}$ Zoll, hinsichtlich ihrer beiden einander sich zukehrenden Seitenflächen CD, EF, von einander abstehen, d. h. der Zwischenraum DE muß ungefähr $6\frac{1}{2}$ Zoll betragen. Bei der Befestigung der Pfeiler muß man darauf Bedacht nehmen, daß die vier Seitenflächen eines jeden der zwei Pfeiler möglichst genau die Richtungen nach Süd, Ost, Nord und West erhalten. An den beiden innern Seitenflächen der Pfeiler, ungefähr an der Stelle von KI und LM, wird starkes Tuch oder Leder, was jedoch ziemlich weich sein muß, angebracht, und in die Pfeiler werden von oben herab in die Länge CP und FQ, d. h. etwa 2 Zoll lang, $\frac{1}{4}$ Zoll breite Einschnitte bis N und O gemacht. Die dadurch entstehenden Rinnen Nn und Oo müssen aber nicht bloß eine gerade, sondern auch eine horizontale Richtung haben, außerdem aber noch genau von

Westen nach Osten laufen. Ferner lasse man von gutem trockenem Holze einen Würfel abcd machen, so dick, daß, wenn dessen beiden Seitenflächen ac und bd mit dickem Leder oder Tuch überzogen worden, der Würfel abcd alsdann, sobald er zwischen die beiden Pfeiler geschoben wird, sich da, wo die beiden innern Seitenflächen der Pfeiler mit Leder (oder Tuch) belegt sind, sich weder zu leicht noch zu streng herum bewegen läßt. Der Holzwürfel abcd erhält noch an den Seitenflächen ac, bd zwei eiserne Stifte Nn, Oo, welche 1/4 Zoll dick und, einmal befestigt, gleichsam einen einzigen geraden Stab NO bilden müssen. Es versteht sich von selbst, daß diese Stifte genau rund abgedreht und die Rinnen Nn, Oo, in welchen die Stifte aufliegen, dreieckig vertieft und mit Tuch ausgelegt sind. Auf diese Weise wird nun der hölzerne Würfel durch seine beiden Stifte nicht nur zwischen den Pfeilern an derselben Stelle bleiben, sondern auch sich um sich selbst herumdrehen lassen, da die an ihm befindlichen Stifte in den Rinnen Nn, Oo ruhen. Wenn Alles mit möglichster Sorgfalt gefertigt und accurat angebracht worden ist, so wird, wenn man den Würfel abcd nach und nach ganz herumdrehet, dieses Herumdrehen dann gewiß auch weder ruckweise noch zu streng, sondern mit völliger Gleichmäßigkeit vor sich gehen. Endlich lasse man den Würfel abcd in gehörig gerader Richtung durchbohren, so daß das dadurch entstandene runde Loch l groß genug wird, das zu den Beobachtungen bestimmte Fernrohr hindurchstecken und nachher befestigen zu können.

§. 62. Ehe wir von der Wahl und Befestigung des Fernrohrs in jenen mehr erwähnten Würfel sprechen können, sind erst einige allgemeine Andeutungen über das Fernrohr überhaupt zu geben, damit dann das Folgende um desto leichter verstanden werden kann.

Wenn auf ein erhaben geschliffenes Glas, also auf ein Converglas, die von einem entfernten Gegenstande ausgehenden Strählen auffallen, so werden dieselben so gebrochen, daß sämmtliche von demselben Punkte ausgegangenen Strahlen sich in einem Punkte wieder vereinigen. Es entsteht also, weil dieß für alle Punkte stattfindet, in derjenigen Gegend, in welche diese Vereinigungspunkte fallen, ein Bild von dem gedachten Gegenstande. Dieses Bild betrachtet man alsdann entweder durch ein zweites Glas oder durch eine schickliche Verbindung mehrerer Gläser, welche so gestellt sind, daß dadurch der Gegenstand (das Object) sich größer zeigt, als er dem bloßen Auge vorkommt. Das Glas nun, das die Lichtstrahlen von dem Object erhält, heißt das Objectivglas, das Glas dagegen, durch welches das Bild betrachtet wird, das Augen- oder Ocularglas und zwar ein einfaches Ocular, sobald es nur aus einem Glase bestehet, ein zusammengesetztes Ocular aber, wenn in der Ocularröhre mehrere Gläser in Verbindung stehen. Außer der Vergrößerung muß auch noch der Durchmesser des Gesichtsfeldes, die Lichtstärke und der Grad der Deutlichkeit eines Fernrohrs bei dessen Verfertigung von dem Künstler wohl berücksichtigt werden.

§. 63. Zu astronomischen Beobachtungen nun ist das sogenannte astronomische Fernrohr das geeignetste. Es besteht dasselbe aus der Verbindung zweier Convergläser, von denen das Ocularglas dem Objectivglas mehr oder weniger genähert werden kann. Dieses von Kepler angegebene Fernrohr hat ein großes Gesichtsfeld, zeigt alle Gegenstände sehr hell, deutlich und ziemlich vergrößert, aber verkehrt, welcher Umstand jedoch bei zu betrachtenden astronomischen Gegenständen, die fast alle die

Gestalt eines Kreises oder einer Kugel haben, ganz gleichgiltig ist und nicht störend einwirken kann. Die Vergrößerung des Fernrohrs wird gefunden, wenn man mit der Brennweite des Ocularglases in die Brennweite des Objectivglases dividirt; der Quotient ist dann die gesuchte Brennweite. Hat z. B. das Ocularglas 2 Zoll und das Objectivglas 36 Zoll Brennweite, so wird das Fernrohr eine 18 malige Vergrößerung besitzen. Ferner muß die Länge des Fernrohrs der Summe der Brennweiten beider Gläser gleich sein. Um aber ein etwas größeres Gesichtsfeld — so wird nämlich der kreisförmige Raum genannt, den man im Fernrohre auf einmal übersehen kann — zu erhalten, als es durch ein einfaches Ocular möglich wäre, pflegt man zwei Augengläser anzubringen, ein Gebrauch, der selbst noch in anderer Hinsicht von nicht geringem Vortheile ist. Durch ein Doppelocular wird der Durchmesser des Gesichtsfeldes fast immer doppelt so groß als mit einem einzigen Oculare ausfallen. Gewöhnlich ist im Innern des Rohrs, in der Nähe des gemeinschaftlichen Brennpunktes, ein Ring angebracht, den man das Diaphragma nennt. Nach diesem nun richtet sich eigentlich die Größe des Gesichtsfeldes. Was ferner die Lichtstärke (Intensität) des Fernrohrs anbelangt, so ist sie größer als die Beleuchtung des betrachteten Gegenstandes selbst. Doch wird diese Lichtstärke durch jenes Diaphragma wieder etwas vermindert. Hinsichtlich des Grades der Deutlichkeit kommt es bei den gewöhnlichen Fernröhren, die nichtachromatisch sind, vorzüglich auf die Größe der Öffnung, d. h. auf die Größe der Apertur des Objectivglases an, indem, die unbedeutende Abweichung wegen der sphärischen Gestalt der Gläser bei Seite gelassen, von der sogenannten Farbenzerstreuung der Grad der Deutlichkeit am meisten abhängig ist. End-

lich ist noch die Art, wie die Ocularröhre, wegen der Verschiedenheit der Augen und wegen der verschiedenen Entfernungen der Gegenstände, zum Verschieben eingerichtet ist, anzugeben. Bei kleinern Fernröhren begnügt man sich, mit der Hand die Ocularröhre so lange zu schieben, bis man deutlich sehen kann, während bei den größern Fernröhren, die eine starke Vergrößerung haben, eine Stellschraube angebracht ist, mittelst welcher seine Stellungen bewerkstelligt werden können, da es bei kleinen Brennweiten des Ocularglases nur geringer Änderungen bedarf, um das Fernrohr für jedes Auge gehörig zu stellen. Ist von einer weitsichtigen Person ein gewisser Gegenstand durch ein Fernrohr deutlich gesehen worden, so kann nun eine kurzsichtige Person diesen Gegenstand nicht auch deutlich sehen, sondern sie muß, damit dieses stattfinde, die Ocularröhre erst etwas in die Objectivröhre hineinschieben, und zwar desto mehr, je kurzsichtiger letztere Person gegen die erstere ist. Übrigens muß ein und derselbe Beobachter, nachdem er einen gewissen Gegenstand durch das Fernrohr deutlich gesehen, letzteres weiter aus einander ziehen, sobald er jetzt einen andern Gegenstand, der dem Fernrohre bedeutend näher ist als der erstere, ebenfalls deutlich im Fernrohre erblicken will.

§. 64. Es giebt auch eine Gattung sehr ausgezeichneter Sehwerkzeuge, nämlich sogenannte a ch r o m a t i s ch e Fernröhre, welche kein einfaches, wie die gewöhnlichen Fernröhre, sondern ein doppeltes Objectivglas haben. Dieses doppelte Objectivglas besteht aus zwei fast ganz zusammenliegenden Gläsern, von denen das eine aus Flintglas geschliffene ein hohles, ein Concavglas, das andere aber ein aus Crownglas geschliffenes Converglas ist. Ein achromatisches Fernrohr hat vor einem gewöhnlichen von gleicher Länge die großen Vorzüge, daß es die Bilder

der Gegenstände, völlig scharf und deutlich mit ganz farblosen Umrissen, ungemein stärker vergrößert darstellt, wenn gleich das achromatische Fernrohr, wie leicht einzusehen, verhältnißmäßig weit theurer als ein gemeines Fernrohr von gleicher Länge ist.

§. 65. Es genügt jedoch für unser ganz einfach und wohlfeil herzustellendes Instrument, so wie für unsere Zwecke überhaupt, ein nichtachromatisches Fernrohr von 3 Fuß Länge als Fernrohr zum Passageninstrument anzuwenden. Das Objectivglas desselben kann 36 Zoll Bennweite, das Ocularglas 1 1/2 Zoll Brennweite, das Objectivglas eine Apertur von einem Zoll haben, so daß demnach dieses astronomische Fernrohr, dessen Hauptröhre von Holz sein kann, eine 24malige Vergrößerung haben wird. In dem Diaphragma bringe man ein Fadenmikrometer an, welches wir bald näher beschreiben werden. Nachdem das Fernrohr in seiner Einrichtung zur Anstellung von Beobachtungen brauchbar befunden worden, stecke man es mit seiner Hauptröhre (Fig. 8) durch das Loch l so weit, bis daß es durch seine eigene Schwere nicht mehr sich senkt. Daß übrigens das Fernrohr so durch den Würfel gesteckt werden muß, daß das Objectivglas nach Süden zu gerichtet ist, bedarf keiner ausdrücklichen Erinnerung. Wenn jedoch die beiden Pfeiler ABCD und EFGH so hoch sind, daß das im Würfel angebrachte Fernrohr sich im ganzen Kreise herumdrehen läßt, so ist es dann freilich gleichgiltig, von welcher Seite man das Fernrohr durch den Würfel abcd stecket. Nun wird das Fernrohr dergestalt festgemacht, daß es sich in der Öffnung l des Würfels abcd weder verschieben noch sonst im geringsten verrücken läßt, und dann bringt man das Fadenmikrometer, d. h. eine Verbindung von mehrern Spinnen- oder Seitenfäden so im Diaphragma des

Fernrohrs an, daß nicht nur sämmtliche Fäden unter sich in einer Ebene liegen, welche senkrecht auf der optischen Axe des Fernrohrs steht, sondern auch der horizontale Faden von den andern verticalen Fäden rechtwinklig durchschnitten wird. Der Durchschnittspunkt des mittelsten senkrechten mit dem horizontalen muß sich im Mittelpunkte des Gesichtsfeldes selbst befinden, und überdieß dürfen die senkrechten Fäden während der Drehung des Fernrohrs um seine Axe NO die verticale Richtung niemals verlassen. Indessen wird beim Passageninstrument, dessen Fernrohr bloß in senkrechter Richtung auf und nieder bewegt wird, die einmal hergestellte verticale Lage der Fäden nicht mehr leicht gestört.

§. 66. Das, mit einem solchen Fadenmikrometer versehene, Fernrohr kann jedoch nicht eher mit sicherm Erfolg zum Beobachten verwendet werden, als bis die Erfüllung nachstehender Forderungen vorausgegangen ist. — a) Die Ebene, in welcher sämmtliche Fäden liegen, muß genau durch den Brennpunkt des Fernrohrs, d. h. durch den Punkt gehen, in welchem die Bilder der Gegenstände entstehen. Man bringe daher irgend einen der Fäden auf ein deutlich wahrzunehmendes und scharf begrenztes Object, das in großer Entfernung liegt. Diese Bedingung ist dann erfüllt, sobald bei der Hin- und Herbewegung des Auges der Faden beständig auf dem Objecte bleibt. Wenden sich jedoch Auge und Faden auf verschiedene Seiten, so stehen die Fäden zu nahe bei dem Ocularglase. Begeben sich Auge und Faden auf dieselbe Seite, so steht das Fadenmikrometer zu nahe am Objectivglase. In beiden letztern Fällen ist der Ort des Fadenmikrometers gehörig etwas zu ändern. b) Man muß die Fäden und Gegenstände gleichdeutlich erblicken. Sollte dieß nicht der Fall sein, so stelle man das Fernrohr erst-

lich so, daß man den zu betrachtenden Gegenstand deutlich sieht, und schiebt dann, ohne die Ocularröhre zu verrücken, die in dieser steckende Röhre mit dem Fadennetz so lange hin und her, bis auch die Fäden deutlich erscheinen. c) Die senkrechten Fäden des Mikrometers müssen, wenn die Drehungsaxe NO des Fernrohrs genau horizontal liegt, wirklich senkrecht stehen. Man hänge, um dieß zu untersuchen, in ziemlich bedeutender Entfernung von dem Objective ein Loth auf, dessen Gewicht, um die Schwankungen des Lothes zu hindern, in Öl oder Wasser spielen kann. Hierauf sehe man durch das Fernrohr, ob die Fäden mit dem Lothe parallel laufen. Fände dieß nicht statt, so müßte man die in der Ocularröhre befindliche, das Fadenmikrometer enthaltende Röhre so lange um sich selbst drehen, bis endlich die Fäden wirklich parallel mit dem Loth erblickt werden. d) Der horizontale Faden des Fernrohrs muß in der That die horizontale Richtung haben. Verläßt ein, dem Äquator nahe stehender, Fixstern zu seiner Culminationszeit während seines Durchgangs durch das Fernrohr den Horizontalfaden gar nicht, so liegt der letztere wirklich horizontal. e) Der Durchschnittspunkt des Horizontalfadens mit dem mittelsten Verticalfaden darf nur in der optischen Axe des Fernrohrs selbst liegen. Man richte, um dieß zu ermitteln, das Fernrohr so auf einen sehr entfernten Gegenstand, daß der mittelste Verticalfaden ihn decke, bewege aber dann das Fernrohr um sich selbst herum, bis seine erst westlich gewesene Seite nun zur östlichen geworden ist. Wenn jetzt der, in der Ferne liegende, Gegenstand im Fernrohre nicht wieder vom gedachten Faden bedeckt wird, so muß die Lage des Fadennetzes um den halben Fehler geändert und das ganze Verfahren so oft wiederholt werden, bis der Gegenstand

in beiderlei Lage des Fernrohrs von dem mittelsten Verticalfaden genau gedeckt bleibt. Dadurch wird der sogenannte Collimationsfehler des Fernrohrs beseitigt.

§. 67. Sind obige fünf Forderungen vollkommen erfüllt, so hat das Fadenmikrometer nun seine richtige Stellung im Fernrohre. Wir werden in der Folge sehen, wie die, mittelst des Fadenmikrometers anzustellenden, Observationen sehr einfach und bequem vor sich gehen können, und wir erwähnen hier nur noch Folgendes. Ein jedes Fadenmikrometer hat gewöhnlich 1, 3, 5 oder 7 senkrechte Fäden und bloß einen Horizontalfaden. Von den senkrechten Fäden liegt der mittelste immer in der Ebene des Mittagskreises selbst. Die Figuren 4., 5., 6. und 7. stellen Fadenmikrometer mit 1, 3, 5 oder 7 senkrechten Fäden vor. Was diese letztern betrifft, so versteht sich von selbst, daß sie nicht nur unter sich ganz parallel, sondern auch genau gleichweit von einander abstehen müssen. Es ist zwar gleichgiltig, ob das Fadenmikrometer 1, 3, 5 oder 7 senkrechte Fäden hat; indessen hat es nur mit einem Verticalfaden, wie in Fig. 4., zwei Übelstände: 1) kann man jedesmal bloß eine Beobachtung anstellen, folglich die Genauigkeit oder vielmehr die Sicherheit der Beobachtung nicht erhöhen; 2) wird, wenn in dem Augenblick, da der Antritt an dem einzigen Verticalfaden geschehen soll, der Himmel sich trübt, hierdurch die Beobachtung vereitelt. Auch kann die Beobachtung durch irgend einen unvorhergesehenen Zufall vereitelt, und, weil keine andern senkrechten Fäden vorhanden sind, nicht mehr nachgeholt werden. In der That scheinen 3 oder 5 senkrechte Fäden die zweckmäßigste Anzahl zu sein, da Mikrometer mit 7 Verticalfäden, wie in Fig. 7., leicht Anlaß zu Verwechslungen geben können. Sollen endlich bei Tage Beobachtungen, z. B. an der Sonne, angestellt

werden, so kann man ein Fadenmikrometer ohne Weiteres gebrauchen. Nicht so während der Nacht, wo man die Fäden, ausgenommen bei hellem Mondschein, nicht wahrnehmen kann. Man findet daher bei guten astronomischen Instrumenten einen Beleuchtungsapparat für das Fadenmikrometer im Fernrohre, von dem zu sprechen hier nicht der Ort ist. Wohl aber werden wir im §. 70 ein einfaches Mittel angeben, wodurch sich bei Beobachtungen der Sterne in völlig dunkler Nacht die Fäden gut erkennen lassen.

Was das Beobachten an den einzelnen Fäden selbst betrifft, so werden die Beobachtungen an jedem einzelnen senkrechten Faden rechts und links auf die des mittlern Verticalfadens reducirt, wodurch gleichsam eine 3, 5 oder 7fache Beobachtung, statt einer einfachen, erhalten wird. Je größer nun die Zahl der einzelnen Beobachtungen ist, desto mehr werden dann die kleinen, nicht zu vermeidenden Fehler im Observiren durch jene Reduction gehoben, und deren Reductionsresultat wird genauer erhalten. Diese Reduction ist übrigens, sobald die Fäden alle gleichweit von einander entfernt sind, sehr einfach. Denn die gedachte Reduction, d. h. die im Mittel aus allen beobachtete Durchgangszeit durch den mittelsten Faden ist alsdann für 3 Fäden das Drittel aus der Summe der 3, für 5 Fäden das Fünftel aus der Summe der 5 und für 7 Fäden das Siebentel aus der Summe der 7 notirten Durchgangszeiten. — Geht bei einem Mikrometer von 3, 5 oder 7 Verticalfäden die Beobachtung am mittelsten Faden verloren, so ist die halbe Summe der Durchgangszeiten am ersten Faden rechts und am ersten Faden links gleich dem Mittel der beiden notirten Durchgangszeiten, d. h. gleich der gesuchten Durchgangszeit am Mittelfaden. Gehen aber bei einem Mikrometer von 5 oder 7

Verticalfäden, die Beobachtungen an den innersten 3 Fäden verloren, so ist die halbe Summe der Durchgangszeiten am zweiten Faden links und am zweiten Faden rechts gleich dem Mittel der beiden notirten Durchgangszeiten, d. h. wieder gleich der gesuchten Durchgangszeit am Mittelfaden. Gelingen endlich bei einem Mikrometer von 7 Verticalfäden die Beobachtungen nur an den beiden äußersten Fäden, so ist die halbe Summe der notirten Durchgangszeiten gleich der gesuchten Durchgangszeit am Mittelfaden, welche letztere in allen Fällen als die eigentliche Durchgangszeit für die eigentliche Culminationsbeobachtung betrachtet und gebraucht wird.

§. 68. Nachdem alle bis jetzt beschriebenen Vorrichtungen und mechanischen Correctionen zu Stande gebracht worden sind, muß man vor allen Dingen sich zuerst zu überzeugen suchen, daß die Lagerfläche für die Stifte in den Rinnen genau horizontal liege. Nachdem nämlich die Einschnitte, wodurch die Rinnen Nn, Oo (Fig. 8.) entstanden sind, nach oben zu keilförmig erweitert und, wie bereits S. 78 erwähnt, mit Tuch oder Leder ausgelegt worden; setze man, noch ehe der Würfel abcd mit dem Fernrohr angebracht ist, eine Setzwaage, wie sie in Fig. 9. abgebildet und sogleich beschrieben werden soll, auf die Lagerfläche der beiden Rinnen zugleich, wodurch sich sofort ergeben wird, ob die Richtung dieser Lagerfläche schon genau horizontal ist oder noch nicht. Im letztern Falle hat man durch Nachlegen von Tuch oder Leder den Fehler so weit gehörig abzuhelfen, bis das Loth der Setzwaage richtig einspielt. Es versteht sich hierbei von selbst, daß das nachgelegte Tuch ebenfalls sofort unverschiebbar bleibe. Die hierbei zu gebrauchende Setzwaage ist ganz einfach und besteht aus einem dreieckigen Brete ABC, dessen untere Kante AC keilförmig

zugespitzt (Fig. 9) ist, um das Bret ABC in die Rinnen Nn und Oo ganz einsetzen zu können; nur muß allerdings die Schärfe AC der Kante eine gerade Linie bilden. An der Vorderfläche des Dreiecks ABC wird eine gerade Linie BD so gezogen, daß BD mit der Schärfe AC der Kante genau rechte Winkel ADB und BDC formirt. Die Linie BD wird ein wenig vertieft und in E befestige man ein Loth EF mit dem Gewicht F, welches eine Bleikugel sein kann. Soll nun AC in horizontaler Lage sich befinden, so muß offenbar das Loth FE in die Linie BD einspielen. Hieraus ergiebt sich die Anwendung der Setzwaage bei Untersuchung der Horizontalität der Rinnenflächen sehr leicht. — Nun kann der Würfel mit dem Fernrohre angebracht werden, wie oben gelehrt worden ist. Das Fernrohr wird dann bei seiner Umdrehung einen Verticalkreis, d. h. einen solchen Kreis beschreiben, dessen Ebene auf der Horizontalfläche des Beobachtungsortes genau senkrecht stehet. Aber dieser Kreis wird, wie wir aus dem Vorhergehenden wissen, wo von der vorläufigen Bestimmung der Mittagslinie und der Gründung des Meridianzeichens die Rede war, noch nicht ganz genau in der Richtung der wirklichen Mittagslinie des Beobachtungsortes liegen. Es muß also jetzt der Verticalkreis, der durch die Umdrehung des Fernrohrs um seine Horizontalaxe vom Mittelpunkte des Gesichtsfeldes des Fernrohrs beschrieben wird, genau in den Meridian selbst gebracht werden, wodurch man dann zugleich im Stande ist, die wahre Richtung der Mittagslinie mittelst des Fernrohrs an dem Meridianzeichen durch Ziehen zweier schwarzen Verticalstriche für immer zu fixiren. Die noch stattfindende kleine Abweichung des Mittagsfernrohrs vom Meridian nennt man bekanntlich das Azimuth des Fernrohrs. Dieses Azimuth wird aber auf folgende Weise bestimmt. Man

beobachte den Polarstern in seiner obern Culmination *), notire die Beobachtungszeit, beobachte dann einen, nahe über dem Äquator stehenden, Stern in seiner Culmination und notire wieder die Beobachtungszeit. Hierauf ziehe man die Declinationen des Polarsterns und des andern Sterns von der Polhöhe des Beobachtungsortes ab, und suche jede der gefundenen Differenzen in der ersten mit A bezeichneten Verticalcolumne der VI. Tafel auf, die Declination eines jeden Sterns aber in der obersten Horizontalreihe und fahre daselbst mit dem Finger senkrecht herab bis in die Zeile, in der vorn die gefundene Differenz stehet; so hat man für beide Beobachtungen zwei Zahlen, deren erstere von der letztern abgezogen, jetzt einen Divisor geben wird, mit dem man in diejenige Zahl dividirt, welche sich auf folgende Weise ergiebt. Die Differenz, welche entsteht, wenn man von der Rectasension des Polarsterns dessen zugehörige Beobachtungszeit abzieht, ziehe man ab von der Differenz, welche entsteht, wenn man von der Rectascension des andern Sterns dessen zugehörige Beobachtungszeit abzieht; so hat man diejenige Zahl, welche durch den oben gefundenen Divisor dividirt werden muß. Das Resultat giebt alsdann das in Bogensekunden ausgedrückte Azimuth des Mittagsfernrohrs, d. h. das Resultat wird den Winkel angeben, um welchen das Fernrohr vom Meridian nach Osten oder Westen abweicht, je nachdem das Resultat positiv oder negativ gefunden worden ist. Kennt man aber so das Azimuth, so wird sich dann die Lage der beiden zu zie-

*) Unter oberer Culmination eines Sterns versteht man dessen Culmination auf der Südseite des Pols, unter unterer Culmination dagegen die nordwärts vom Pol stattfindende Culmination des Sterns.

henden schwarzen Verticalstriche an dem Meridianzeichen leicht angeben lassen, wovon wir in §. 70 sprechen werden.

§. 69. Die im vorigen Paragraphen gegebenen Vorschriften für die Erforschung des Azimuths sollen jetzt auf zwei angestellte Beobachtungen angewendet werden, wodurch sich das Ganze erst in völlig deutlichem Lichte darstellen wird. Wir erinnern nur noch, daß die Uhr, deren man sich bei diesen Beobachtungen bedienen will, nahe nach Sternzeit gehen muß, und daß es für unsern Zweck hinreicht, die mittlern Rectascensionen und Declinationen des Polarsterns und des andern Sterns statt ihrer scheinbaren Rectascensionen und Declinationen anzunehmen.

In Wien, dessen Polhöhe 48° 13′ beträgt, beobachtete man den 28. Februar 1820 an einem Passageninstrument an einer nahe nach Sternzeit gehenden Uhr.

Die obere Culmination des Polarsterns um . . . . 0 Uhr 55 M. 43 S.

Die Culmination von Procyon um . . . . . . 7 „ 28 „ 28 „

Da nun zu jener Zeit betrug

	die Rectascension	die Declination
des Polarsterns	0 U. 56 M. 7 S.	88° 21′
des Procyon	7 „ 29 „ 54 „	5 41

so hat man folgende Berechnung auszuführen:

Polhöhe	48° 13′	48° 13′
Declination	88 21	5 41
Differenz	— 40° 8′	42° 32′

Mit diesen Differenzen findet man aus der VI. Tafel die Zahlen: — 22.0 *) 0.68

*) Ist nämlich die Declination, welche von der Polhöhe abgezogen werden soll, größer als diese, also die Differenz negativ, so wird auch die aus der VI. Tafel zu entlehnende Zahl negativ genommen.

von denen die erstere von der letztern abgezogen
22.68
als Divisor giebt.

Ferner Rectascension des Polarsterns	0 U.	56 M.	7 S.
zugehörige Beobachtungszeit	0 „	55 „	43 „
Differenz	0 U.	0 M.	24 S.
Rectascension von Procyon	7 U.	29 M.	54 S.
zugehörige Beobachtungszeit	7 „	28 „	28 „
Differenz	0 U.	1 M.	26 S.
Die erste Differenz von der zweiten abgezogen, läßt zum Rest:	0 U.	1 M.	2 S.,

welcher Rest durch den oben gefundenen Divisor das Resultat 2,7 giebt. Da nun dieses Resultat positiv gefunden, so hatte das Mittagsfernrohr ein 2,7 Bogensekunden betragendes östliches Azimuth.

§. 70. Wenn man durch die vorige Beobachtungs- und Berechnungsweise das Azimuth des Fernrohrs kennen gelernt; so richte man jetzt das Fernrohr auf die Meridiansäule und lasse an derselben durch einen Gehilfen die beiden schwarzen Striche senkrecht, etwa 4 bis 5 Zoll weit aus einander, so ziehen, daß deren Mitte, durch das Fernrohr betrachtet, etwas rechts oder links vom mittelsten Verticalfaden zu stehen kommt, je nachdem das Azimuth östlich oder westlich gefunden worden ist. Hierauf verbessere man die Lage des Fernrohrs um das halbe Azimuth auf mechanische Weise und wiederhole nun noch einmal die Bestimmung des Azimuths (eine Maaßregel, die ohnedieß vor Beginn einer jeden neuen Beobachtungsreihe, um diese ganz sicher zu erhalten, zu befolgen ist), und sehe endlich auf's Neue nach, wie bei dem neuen Azimuth, das in der Regel weit unbedeutender als das vorige ausfällt, der Stand der Mitte beider schwar-

zen Striche (an der Meridianmarke) in Bezug auf den mittelsten Verticalfaden des Fernrohrs beschaffen sein wird. Wird gedachte Mitte wirklich durch einen kleinen schwarzen Strich bemerkbar gemacht, so kann man in der Folge eine wiederholte Bestimmung des Azimuths entbehren, indem nur nöthig ist, das Fernrohr mit dem Mittelpunkte seines Gesichtsfeldes auf jene Mitte an der Meridiansäule gehörig einzustellen. — Was endlich die Sichtbarkeit der Fäden im Fernrohr bei Sternbeobachtungen anlangt, so ist dieselbe stets mehr oder minder schon vorhanden zu der Zeit, wo der Mond, am Himmel stehend, erstes bis letztes Viertel ist. Bei völliger Abwesenheit des Mondes aber bringe man am Fernrohre vor dem Objectivglas einen Ring von Pappe, weiß von Farbe, an. Stellt man dann ein Licht, während man durch das Fernrohr sieht, seitwärts hinter sich, so werden die Fäden gar wohl zu erkennen sein, ohne daß hierdurch das Licht selbst der kleinern Sterne im Fernrohre bedeutend geschwächt wird.

Fünfzehntes Kapitel.

Von der Bestimmung der Zeit durch Beobachtungen mit dem Passageninstrument.

§. 71. Nachdem wir in dem vorigen Kapitel von der Mittagslinie und dem Passageninstrument ausführlich gesprochen und die Einrichtung des letztern so vorgeschlagen haben, wie es am einfachsten, billigsten und so hergestellt werden kann, daß die Beobachtungen mit einem solchen Instument wohl eine hinreichend genaue Zeitbestimmung zu gewähren im Stande sind; wollen wir nun zeigen, wie mit dem völlig eingerichteten und berichtigten Mittagsfernrohre die Zeit so scharf als möglich ge-

funden werden könne. Dieß kann aber auf zweierlei Art geschehen, einmal durch beobachtete Culminationen der Fixsterne und dann durch Meridianbeobachtungen der Sonne.

A) Bestimmung der Zeit durch beobachtete Culminationen der Fixsterne.

§. 72. Um die Zeit durch Beobachtungen culminirender Fixsterne genau bestimmen zu können, nehmen wir (nach §. 69) das Azimuth des Mittagsfernrohrs als bereits bekannt an, setzen auch voraus, daß die Uhr nahe nach Sternzeit gehe und daß man den Fehler gegen Sternzeit und nicht gegen mittlere Zeit bestimmen will. Man multiplicire zuerst das Azimuth mit der aus der VI. Tafel (s. §. 69.) gefundenen Zahl und addire das gefundene Product zu der beobachteten Durchgangszeit des Sterns; die Summe ziehe man dann von der Rectascension des Sterns ab. Der Rest wird den gesuchten Fehler der Uhr gegen Sternzeit geben.

Wir wollen jetzt als ein, dieses Verfahren erläuterndes, Beispiel die im §. 69. vorgekommenen Beobachtungen und Berechnungen benutzen. Das Azimuth fand sich dort 2,7 Sekunden; wir haben also:

erstens	2,7 × (— 22,0)	2,7 × (0,68)
	— 59,40	1,84
zweitens	0 U. 55 M. 43,0 S.	7 U. 28 M. 28,0 S.
	— 59,4 „	— 1,8 „
	0 U. 54 M. 43,6 S.	7 U. 28 M. 29,8 S.
drittens	0 U. 56 M. 7,0 S.	7 U. 29 M. 54,0 S.
	0 „ 54 „ 43,6 „	7 „ 28 „ 29,8 „
	+ 0 U. 1 M. 23,4 S.;	+ 0 U. 1 M. 24,2 S.

Da nun diese beiden Resultate etwas von einander abweichen, so wird das Mittel derselben, nämlich:

+ 1 Min. 23,8 Sek.

der Fehler der Uhr sein, d. h. um so viel ging die Uhr zur Zeit beider Beobachtungen gegen die wirkliche Sternzeit voraus. Wir werden daher die richtigen Sternzeiten beider Beobachtungen erhalten, wenn von den beobachteten Uhrzeiten 1 Min. 24 Sek. abgezogen werden. Es sind folglich:

0 U. 54 Min. 19 Sek. und
7 „ 27 „ 4 „

die wirklichen Sternzeiten der Beobachtungen.

§. 73. Gehet aber die Uhr, deren man sich bei diesen Beobachtungen bedienen will, nach mittlerer Zeit, und man soll nicht die Sternzeit, sondern, was meistens auch nur unsere Absicht ist, den Stand der Uhr gegen die mittlere Zeit bestimmen; so kann dieß noch eben so geschehen, nur daß die Rechnung jetzt etwas umständlicher ausfällt. Da indessen, wie man späterhin erfahren wird, die Bestimmung der mittlern Zeit bequemer durch Meridianbeobachtungen der Sonne erhalten wird, so genüge es, hier für jene Methode ein einziges Beispiel aufzustellen, das zugleich zeigen soll, wie man eine gewisse Sternzeit in die mittlere Sonnenzeit verwandeln kann.

Gesetzt, eine nach mittlerer Zeit gehende Uhr habe, als die obere Culmination des Polarstens am 17. April 1841 zu Leipzig erfolgte, 23 U. 12 M. 40 S. gewiesen, und das Passageninstrument habe kein Azimuth, auch sonst keinen erheblichen Fehler gehabt. — Man hat nun zuerst die Rectascension oder die Sternzeit der Culmination des Polarsterns in die mittlere Zeit zu verwandeln, wozu die VII. und VIII. Tafel dienen. Es wird nämlich die mittlere Rectascension der mittlern Sonne und hierauf die wirkliche mittlere Zeit der Culmination des Sterns berechnet.

Es folgt

aus der VII. Tafel für's Jahr 1841 aus der Columne A	18 St. 39 Min. 52,6 S.
für 0 April aus der Columne B	5 „ 54 „ 50,0 „
aus der VIII. Taf. für 17 Tage aus der Columne C .	1 „ 7 „ 1,4 „
Summe:	1 St. 41 Min. 44,0 S.
aus der VII. Taf. für Leipzig Reduction . .	— 6,6 „
also mittlere Rectascension der mittlern Sonne:	1 St. 41 Min. 37,4 S.,

welche nun von der Rectascension des Polarsterns abgezogen wird, nämlich:

Rectascension des Polarsterns	1 St. 2 Min. 32,6 S.
mittl. Rectasc. d. mittl. Sonne	1 St. 41 Min. 37,4 „
	23 St. 20 Min. 55,2 S.,

welcher Rest die genäherte mittlere Zeit der Culmination des Polarsterns giebt. Mit dieser gefundenen Zeit geht man jetzt in die Columne c der VIII. Tafel ein, nämlich

23 Stunden geben	3 M. 46,1 S.
21 Minuten . .	3,4 „
Summe:	3 M. 49,5 S.

und zieht dann diese kleine Summe von der genäherten mittlern Zeit ab, d. h.

23 St.	20 M.	55,2 S.	
—	3 „	49,5 „	
23 St.	17 M.	5,7 S.	

Diese zuletzt gefundene Zeit ist endlich die gesuchte wirkliche mittlere Zeit der Culmination des Polarsterns, mit der nun die beobachtete Uhrzeit 23 U. 12 M. 40 S. übereinstimmen muß. Da aber dieß nicht der Fall ist, sondern diese letztere um 4 Min. 25,7 Sek. kleiner ist als

die erstere; so ergiebt sich hieraus, daß die Uhr zur Zeit der Beobachtung um 4 Min. 25,7 Sek. gegen die mittlere Zeit nach ging.

Würde die berechnete wirkliche mittlere Zeit kleiner gefunden, als die beobachtete Uhrzeit, so würde dann die Uhr um die Differenz dieser beiden Zeiten gegen die mittlere Zeit vor gehen.

Übrigens ersieht man aus den obigen Rechnungen zur Genüge, daß die Bestimmung der Zeit durch beobachtete Culminationen der Fixsterne nur dann einfach ist, wenn man sich einer Sternzeit weisender Uhr bedient, wie wir in dem im §. 72. aufgestellten Beispiele deutlich gesehen haben.

B) Bestimmung der Zeit durch Meridianbeobachtungen der Sonne.

§. 74. Die einfachste und sicherste Methode, die Zeit zu bestimmen und so den Fehler der Uhr zu erfahren, ist die Beobachtung der Culmination der Sonne mittelst des Mittagsfernrohrs, sobald dasselbe genau in der Ebene des Meridians sich befindet und die Uhr, die bei diesen Beobachtungen angewandt wird, sehr nahe nach mittlerer Zeit gehet. Hierbei wird freilich die genaue Kenntniß der mittlern Zeit im wahren Mittag für das Jahr und den Tag der Beobachtung erfordert, welche genaue Kenntniß man nur aus einem astronomischen Kalender entnehmen kann, da die I. Tafel, bloß bis auf Minuten entworfen, nur für die im §. 51. und 52. vorgetragene oberflächliche Bestimmungsweise der Zeit anwendbar ist, während wir jetzt die Zeit bis auf die Sekunde genau zu erhalten wünschen. —

§. 75. Indessen kann man, da die Zeitgleichung für alle Jahre, die ein Schaltjahr, oder das erste, zweite

oder dritte gemeine Jahr nach einem Schaltjahre sind, sehr nahe dieselbe bleibt, auch der nachstehenden Tabelle sich bedienen, was namentlich denen erwünscht sein wird, welche die mittlere Zeit im wahren Mittage aus einem astronomischen Kalender für das Jahr und den Tag der, in Rede stehenden, Beobachtung nicht entnehmen können, weil sie sich nicht im Besitz eines solchen astronomischen Kalenders befinden. Die Einrichtung der nachstehenden Tabelle ist einfach. In Bezug auf den Gebrauch ist diese Tabelle ohne Weiteres verständlich. Sie bestehet aus den 12 Monaten. Für jeden Monat stehen in der vordersten Verticalcolumne die einzelnen Monatstage, in den nachfolgenden vier Verticalcolumnen aber befindet sich für jeden Tag des Monats die mittlere Zeit im wahren Mittag angegeben, zuerst für ein Schaltjahr, dann unter I. für ein erstes, unter II. für ein zweites und III. für ein drittes gemeines Jahr nach einem Schaltjahr.

Monat Januar.

	Schaltjahr.			I.			II.			III.		
Tag.	U.	M.	S.	U.	M.	S.	U.	M.	S.	U.	M.	S.
1	12	3	36	12	3	56	12	3	49	12	3	42
2	12	4	4	12	4	25	12	4	18	12	4	10
3	12	4	32	12	4	53	12	4	46	12	4	38
4	12	5	0	12	5	20	12	5	13	12	5	6
5	12	5	28	12	5	47	12	5	43	12	5	33
6	12	5	55	12	6	14	12	6	7	12	6	0
7	12	6	21	12	6	40	12	6	33	12	6	26
8	12	6	47	12	7	6	12	6	59	12	6	52
9	12	7	13	12	7	31	12	7	24	12	7	17
10	12	7	38	12	7	56	12	7	48	12	7	42
11	12	8	2	12	8	20	12	8	12	12	8	6
12	12	8	26	12	8	43	12	8	36	12	8	30
13	12	8	49	12	9	6	12	8	59	12	8	53
14	12	9	12	12	9	28	12	9	21	12	9	16
15	12	9	33	12	9	49	12	9	42	12	9	37
16	12	9	55	12	10	10	12	10	3	12	9	59
17	12	10	15	12	10	30	12	10	23	12	10	19
18	12	10	35	12	10	49	12	10	43	12	10	39
19	12	10	54	12	11	8	12	11	2	12	10	58
20	12	11	12	12	11	25	12	11	20	12	11	16
21	12	11	30	12	11	42	12	11	37	12	11	33
22	12	11	46	12	11	59	12	11	53	12	11	50
23	12	12	2	12	12	14	12	12	9	12	12	6
24	12	12	18	12	12	29	12	12	24	12	12	21
25	12	12	32	12	12	43	12	12	38	12	12	35
26	12	12	46	12	12	56	12	12	52	12	12	49
27	12	12	59	12	13	8	12	13	4	12	13	1
28	12	13	11	12	13	19	12	13	16	12	13	13
29	12	13	22	12	13	30	12	13	27	12	13	24
30	12	13	33	12	13	40	12	13	37	12	13	34
31	12	13	42	12	13	49	12	13	47	12	13	44

Monat Februar.

	Schaltjahr.			I.			II.			III.		
Tag.	U.	M.	S.	U.	M.	S.	U.	M.	S.	U.	M.	S.
1	12	13	51	12	13	57	12	13	55	12	13	52
2	12	13	59	12	14	5	12	14	3	12	14	0
3	12	14	7	12	14	11	12	14	9	12	14	7
4	12	14	13	12	14	17	12	14	15	12	14	13
5	12	14	19	12	14	22	12	14	20	12	14	18
6	12	14	23	12	14	27	12	14	24	12	14	23
7	12	14	27	12	14	30	12	14	28	12	14	26
8	12	14	31	12	14	33	12	14	31	12	14	29
9	12	14	33	12	14	34	12	14	32	12	14	31
10	12	14	34	12	14	35	12	14	33	12	14	33
11	12	14	35	12	14	35	12	14	34	12	14	33
12	12	14	35	12	14	35	12	14	33	12	14	33
13	12	14	34	12	14	33	12	14	32	12	14	32
14	12	14	32	12	14	31	12	14	30	12	14	30
15	12	14	30	12	14	28	12	14	27	12	14	28
16	12	14	27	12	14	25	12	14	24	12	14	25
17	12	14	23	12	14	20	12	14	20	12	14	21
18	12	14	18	12	14	15	12	14	15	12	14	16
19	12	14	13	12	14	9	12	14	9	12	14	11
20	12	14	7	12	14	3	12	14	3	12	14	5
21	12	14	1	12	13	56	12	13	56	12	13	58
22	12	13	53	12	13	48	12	13	49	12	13	51
23	12	13	45	12	13	40	12	13	41	12	13	43
24	12	13	37	12	13	31	12	13	32	12	13	34
25	12	13	28	12	13	21	12	13	23	12	13	25
26	12	13	18	12	13	11	12	13	13	12	13	15
27	12	13	8	12	13	0	12	13	2	12	13	4
28	12	12	57	12	12	49	12	12	51	12	12	53
29	12	12	46									

Monat März.

	Schaltjahr.			I.			II.			III.		
Tag.	U.	M.	S.	U.	M.	S.	U.	M.	S.	U.	M.	S.
1	12	12	34	12	12	37	12	12	40	12	12	42
2	12	12	22	12	12	25	12	12	28	12	12	30
3	12	12	9	12	12	13	12	12	15	12	12	17
4	12	11	56	12	11	59	12	12	2	12	12	4
5	12	11	42	12	11	46	12	11	48	12	11	51
6	12	11	28	12	11	32	12	11	34	12	11	37
7	12	11	13	12	11	17	12	11	20	12	11	22
8	12	10	58	12	11	3	12	11	5	12	11	8
9	12	10	43	12	10	47	12	10	50	12	10	53
10	12	10	27	12	10	32	12	10	34	12	10	37
11	12	10	11	12	10	16	12	10	18	12	10	21
12	12	9	55	12	10	0	12	10	2	12	10	5
13	12	9	38	12	9	43	12	9	45	12	9	49
14	12	9	21	12	9	26	12	9	28	12	9	32
15	12	9	4	12	9	9	12	9	11	12	9	15
16	12	8	47	12	8	52	12	8	54	12	8	58
17	12	8	29	12	8	34	12	8	36	12	8	41
18	12	8	11	12	8	16	12	8	19	12	8	23
19	12	7	53	12	7	58	12	8	1	12	8	5
20	12	7	35	12	7	40	12	7	43	12	7	48
21	12	7	17	12	7	22	12	7	25	12	7	29
22	12	6	58	12	7	4	12	7	6	12	7	11
23	12	6	40	12	6	45	12	6	48	12	6	53
24	12	6	21	12	6	26	12	6	30	12	6	34
25	12	6	3	12	6	8	12	6	11	12	6	16
26	12	5	44	12	5	49	12	5	53	12	5	57
27	12	5	26	12	5	31	12	5	34	12	5	39
28	12	5	7	12	5	12	12	5	16	12	5	20
29	12	4	49	12	4	54	12	4	57	12	5	1
30	12	4	30	12	4	35	12	4	39	12	4	43
31	12	4	12	12	4	17	12	4	20	12	4	24

Monat April.

	Schaltjahr.			I.			II.			III.		
Tag.	U.	M.	S.	U.	M.	S.	U.	M.	S.	U.	M.	S.
1	12	3	54	12	3	58	12	4	2	12	4	6
2	12	3	36	12	3	40	12	3	44	12	3	48
3	12	3	18	12	3	22	12	3	26	12	3	29
4	12	3	0	12	3	4	12	3	8	12	3	11
5	12	2	42	12	2	47	12	2	50	12	2	54
6	12	2	25	12	2	29	12	2	32	12	2	36
7	12	2	8	12	2	12	12	2	15	12	2	18
8	12	1	50	12	1	55	12	1	57	12	2	1
9	12	1	34	12	1	38	12	1	40	12	1	44
10	12	1	17	12	1	21	12	1	24	12	1	27
11	12	1	1	12	1	5	12	1	7	12	1	11
12	12	0	45	12	0	49	12	0	51	12	0	55
13	12	0	29	12	0	33	12	0	35	12	0	39
14	12	0	13	12	0	17	12	0	19	12	0	23
15	11	59	58	12	0	2	12	0	4	12	0	8
16	11	59	44	11	59	47	11	59	49	11	59	53
17	11	59	29	11	59	33	11	59	35	11	59	39
18	11	59	15	11	59	19	11	59	20	11	59	25
19	11	59	2	11	59	5	11	59	7	11	59	11
20	11	58	48	11	58	52	11	58	53	11	58	57
21	11	58	36	11	58	39	11	58	41	11	58	44
22	11	58	23	11	58	26	11	58	28	11	58	32
23	11	58	12	11	58	14	11	58	16	11	58	20
24	11	58	0	11	58	3	11	58	5	11	58	8
25	11	57	49	11	57	52	11	57	54	11	57	57
26	11	57	39	11	57	41	11	57	43	11	57	46
27	11	57	29	11	57	31	11	57	33	11	57	36
28	11	57	20	11	57	22	11	57	24	11	57	26
29	11	57	11	11	57	13	11	57	15	11	57	17
30	11	57	3	11	57	4	11	57	6	11	57	8

Monat Mai.

	Schaltjahr.			I.			II.			III.		
Tag.	U.	M.	S.	U.	M.	S.	U.	M.	S.	U.	M.	S.
1	11	56	55	11	56	56	11	56	58	11	57	0
2	11	56	48	11	56	49	11	56	50	11	56	52
3	11	56	42	11	56	42	11	56	43	11	56	45
4	11	56	36	11	56	36	11	56	37	11	56	38
5	11	56	30	11	56	30	11	56	31	11	56	32
6	11	56	25	11	56	25	11	56	26	11	56	27
7	11	56	21	11	56	21	11	56	21	11	56	22
8	11	56	17	11	56	17	11	56	17	11	56	18
9	11	56	14	11	56	13	11	56	13	11	56	14
10	11	56	11	11	56	11	11	56	10	11	56	11
11	11	56	9	11	56	8	11	56	7	11	56	8
12	11	56	7	11	56	6	11	56	5	11	56	6
13	11	56	6	11	56	5	11	56	4	11	56	5
14	11	56	5	11	56	5	11	56	3	11	56	4
15	11	56	6	11	56	5	11	56	3	11	56	4
16	11	56	6	11	56	5	11	56	4	11	56	4
17	11	56	7	11	56	6	11	56	5	11	56	5
18	11	56	9	11	56	8	11	56	6	11	56	7
19	11	56	11	11	56	10	11	56	8	11	56	9
20	11	56	14	11	56	13	11	56	11	11	56	11
21	11	56	18	11	56	16	11	56	14	11	56	15
22	11	56	22	11	56	20	11	56	18	11	56	18
23	11	56	26	11	56	24	11	56	23	11	56	22
24	11	56	31	11	56	29	11	56	27	11	56	27
25	11	56	37	11	56	34	11	56	33	11	56	32
26	11	56	43	11	56	40	11	56	39	11	56	38
27	11	56	50	11	56	47	11	56	45	11	56	44
28	11	56	57	11	56	53	11	56	52	11	56	50
29	11	57	4	11	57	1	11	56	59	11	56	57
30	11	57	12	11	57	9	11	57	7	11	57	5
31	11	57	21	11	57	17	11	57	15	11	57	13

Monat Juni.

	Schaltjahr.			I.			II.			III.		
Tag.	U.	M.	S.	U.	M.	S.	U.	M.	S.	U.	M.	S.
1	11	57	30	11	57	26	11	57	24	11	57	21
2	11	57	39	11	57	35	11	57	33	11	57	30
3	11	57	49	11	57	44	11	57	42	11	57	40
4	11	57	59	11	57	54	11	57	52	11	57	49
5	11	58	9	11	58	5	11	58	2	11	57	59
6	11	58	20	11	58	15	11	58	12	11	58	10
7	11	58	31	11	58	26	11	58	23	11	58	20
8	11	58	42	11	58	37	11	58	34	11	58	32
9	11	58	53	11	58	49	11	58	45	11	58	43
10	11	59	5	11	59	0	11	58	57	11	58	55
11	11	59	17	11	59	12	11	59	9	11	59	6
12	11	59	29	11	59	24	11	59	21	11	59	19
13	11	59	41	11	59	37	11	59	33	11	59	31
14	11	59	54	11	59	49	11	59	45	11	59	43
15	12	0	6	12	0	2	11	59	58	11	59	56
16	12	0	19	12	0	14	12	0	11	12	0	9
17	12	0	32	12	0	27	12	0	23	12	0	22
18	12	0	44	12	0	40	12	0	36	12	0	34
19	12	0	57	12	0	53	12	0	49	12	0	47
20	12	1	10	12	1	6	12	1	3	12	1	0
21	12	1	23	12	1	19	12	1	16	12	1	13
22	12	1	36	12	1	31	12	1	29	12	1	26
23	12	1	49	12	1	44	12	1	42	12	1	39
24	12	2	2	12	1	57	12	1	55	12	1	52
25	12	2	15	12	2	10	12	2	8	12	2	5
26	12	2	27	12	2	23	12	2	20	12	2	17
27	12	2	40	12	2	35	12	2	33	12	2	30
28	12	2	52	12	2	48	12	2	45	12	2	42
29	12	3	4	12	3	0	12	2	58	12	2	54
30	12	3	16	12	3	12	12	3	10	12	3	6

Monat Juli.

	Schaltjahr.			I.			II.			III.		
Tag.	U.	M.	S.	U.	M	S.	U.	M.	S.	U.	M.	S.
1	12	3	28	12	3	24	12	3	22	12	3	18
2	12	3	40	12	3	35	12	3	33	12	3	30
3	12	3	51	12	3	47	12	3	44	12	3	41
4	12	4	2	12	3	58	12	3	55	12	3	52
5	12	4	12	12	4	8	12	4	6	12	4	3
6	12	4	22	12	4	19	12	4	16	12	4	14
7	12	4	32	12	4	29	12	4	26	12	4	24
8	12	4	42	12	4	38	12	4	36	12	4	34
9	12	4	51	12	4	47	12	4	45	12	4	43
10	12	4	59	12	4	56	12	4	54	12	4	52
11	12	5	7	12	5	5	12	5	2	12	5	1
12	12	5	15	12	5	12	12	5	10	12	5	9
13	12	5	22	12	5	20	12	5	18	12	5	17
14	12	5	29	12	5	27	12	5	25	12	5	24
15	12	5	35	12	5	33	12	5	31	12	5	31
16	12	5	41	12	5	39	12	5	38	12	5	37
17	12	5	46	12	5	45	12	5	43	12	5	43
18	12	5	51	12	5	49	12	5	48	12	5	48
19	12	5	55	12	5	54	12	5	53	12	5	53
20	12	5	59	12	5	58	12	5	57	12	5	57
21	12	6	2	12	6	1	12	6	1	12	6	0
22	12	6	5	12	6	4	12	6	4	12	6	3
23	12	6	7	12	6	6	12	6	6	12	6	6
24	12	6	8	12	6	7	12	6	8	12	6	8
25	12	6	9	12	6	9	12	6	9	12	6	9
26	12	6	10	12	6	9	12	6	10	12	6	10
27	12	6	9	12	6	9	12	6	10	12	6	10
28	12	6	9	12	6	8	12	6	10	12	6	9
29	12	6	7	12	6	7	12	6	8	12	6	8
30	12	6	5	12	6	5	12	6	7	12	6	6
31	12	6	2	12	6	3	12	6	4	12	6	4

Monat August.

	Schaltjahr.			I.			II.			III.		
Tag.	U.	M.	S.	U.	M.	S.	U.	M.	S.	U.	M.	S.
1	12	5	59	12	6	0	12	6	1	12	6	1
2	12	5	55	12	5	56	12	5	56	12	5	58
3	12	5	51	12	5	52	12	5	53	12	5	54
4	12	5	46	12	5	47	12	5	48	12	5	49
5	12	5	40	12	5	42	12	5	43	12	5	44
6	12	5	34	12	5	35	12	5	37	12	5	38
7	12	5	27	12	5	29	12	5	30	12	5	32
8	12	5	19	12	5	22	12	5	23	12	5	25
9	12	5	11	12	5	14	12	5	15	12	5	17
10	12	5	3	12	5	5	12	5	7	12	5	9
11	12	4	53	12	4	56	12	4	58	12	5	1
12	12	4	43	12	4	46	12	4	48	12	4	51
13	12	4	33	12	4	36	12	4	38	12	4	41
14	12	4	22	12	4	25	12	4	28	12	4	31
15	12	4	11	12	4	14	12	4	17	12	4	20
16	12	3	59	12	4	2	12	4	5	12	4	9
17	12	3	46	12	3	50	12	3	53	12	3	57
18	12	3	33	12	3	37	12	3	41	12	3	44
19	12	3	20	12	3	24	12	3	27	12	3	31
20	12	3	6	12	3	10	12	3	14	12	3	17
21	12	2	51	12	2	56	12	3	0	12	3	3
22	12	2	36	12	2	41	12	2	45	12	2	49
23	12	2	21	12	2	26	12	2	30	12	2	34
24	12	2	5	12	2	10	12	2	15	12	2	18
25	12	1	49	12	1	54	12	1	59	12	2	2
26	12	1	33	12	1	38	12	1	43	12	1	46
27	12	1	16	12	1	21	12	1	26	12	1	29
28	12	0	59	12	1	4	12	1	19	12	1	12
29	12	0	41	12	0	46	12	0	51	12	0	55
30	12	0	23	12	0	28	12	0	34	12	0	37
31	12	0	5	12	0	10	12	0	15	12	0	19

Monat September.

	Schaltjahr.			I.			II.			III.		
Tag.	U.	M.	S.	U.	M.	S.	U.	M.	S.	U.	M.	S.
1	11	59	46	11	59	52	11	59	57	12	0	1
2	11	59	27	11	59	33	11	59	38	11	59	42
3	11	59	8	11	59	14	11	59	19	11	59	23
4	11	58	49	11	58	55	11	58	59	11	59	4
5	11	58	29	11	58	35	11	58	40	11	58	44
6	11	58	9	11	58	15	11	58	20	11	58	24
7	11	57	49	11	57	55	11	58	0	11	58	5
8	11	57	29	11	57	35	11	57	40	11	57	44
9	11	57	8	11	57	15	11	57	19	11	57	24
10	11	56	47	11	56	54	11	56	59	11	57	4
11	11	56	26	11	56	33	11	56	38	11	56	43
12	11	56	6	11	56	12	11	56	17	11	56	22
13	11	55	45	11	55	51	11	55	56	11	56	2
14	11	55	23	11	55	30	11	55	35	11	55	41
15	11	55	2	11	55	9	11	55	14	11	55	20
16	11	54	41	11	54	48	11	54	53	11	54	59
17	11	54	20	11	54	27	11	54	32	11	54	37
18	11	53	59	11	54	6	11	54	11	11	54	16
19	11	53	38	11	53	45	11	53	50	11	53	55
20	11	53	17	11	53	24	11	53	29	11	53	34
21	11	52	56	11	53	3	11	53	8	11	53	13
22	11	52	35	11	52	42	11	52	48	11	52	52
23	11	52	14	11	52	21	11	52	27	11	52	31
24	11	51	54	11	52	0	11	52	6	11	52	10
25	11	51	33	11	51	40	11	51	46	11	51	50
26	11	51	13	11	51	20	11	51	25	11	51	29
27	11	50	53	11	50	59	11	51	5	11	51	9
28	11	50	33	11	50	40	11	50	45	11	50	49
29	11	50	14	11	50	20	11	50	25	11	50	29
30	11	49	54	11	50	1	11	50	6	11	50	9

Monat October.

	Schaltjahr.			I.			II.			III.		
Tag.	U.	M.	S.	U.	M.	S.	U.	M.	S.	U.	M.	S.
1	11	49	35	11	49	41	11	49	46	11	49	50
2	11	49	17	11	49	23	11	49	27	11	49	31
3	11	48	58	11	49	4	11	49	9	11	49	12
4	11	48	40	11	48	46	11	48	50	11	48	54
5	11	48	22	11	48	28	11	48	32	11	48	36
6	11	48	5	11	48	11	11	48	14	11	48	18
7	11	47	48	11	47	53	11	47	57	11	48	1
8	11	47	31	11	47	37	11	47	40	11	47	44
9	11	47	15	11	47	20	11	47	24	11	47	28
10	11	46	59	11	47	4	11	47	8	11	47	12
11	11	46	43	11	46	49	11	46	52	11	46	56
12	11	46	29	11	46	34	11	46	37	11	46	41
13	11	46	14	11	46	20	11	46	23	11	46	26
14	11	46	0	11	46	6	11	46	9	11	46	12
15	11	45	47	11	45	52	11	45	55	11	45	59
16	11	45	35	11	45	39	11	45	43	11	45	46
17	11	45	23	11	45	27	11	45	30	11	45	33
18	11	45	11	11	45	15	11	45	19	11	45	21
19	11	45	0	11	45	4	11	45	8	11	45	10
20	11	44	50	11	44	54	11	44	57	11	44	59
21	11	44	41	11	44	44	11	44	47	11	44	49
22	11	44	32	11	44	35	11	44	38	11	44	40
23	11	44	24	11	44	27	11	44	30	11	44	31
24	11	44	16	11	44	19	11	44	22	11	44	23
25	11	44	10	11	44	12	11	44	15	11	44	15
26	11	44	4	11	44	6	11	44	8	11	44	9
27	11	43	58	11	44	1	11	44	3	11	43	3
28	11	43	54	11	43	56	11	43	58	11	43	58
29	11	43	50	11	43	52	11	43	53	11	43	53
30	11	43	47	11	43	49	11	43	50	11	43	50
31	11	43	45	11	43	46	11	43	47	11	43	47

Monat November.

	Schaltjahr.			I.			II.			III.		
Tag.	U.	M.	S.	U.	M.	S.	U.	M.	S.	U.	M.	S.
1	11	43	45	11	43	45	11	43	45	11	43	45
2	11	43	43	11	43	44	11	43	44	11	43	44
3	11	43	43	11	43	44	11	43	44	11	43	43
4	11	43	44	11	43	45	11	43	44	11	43	44
5	11	43	46	11	43	46	11	43	46	11	43	45
6	11	43	48	11	43	49	11	43	48	11	43	47
7	11	43	52	11	43	52	11	43	51	11	43	50
8	11	43	56	11	43	56	11	43	54	11	43	54
9	11	44	1	11	44	1	11	43	59	11	43	58
10	11	44	7	11	44	7	11	44	5	11	44	4
11	11	44	14	11	44	13	11	44	11	11	44	10
12	11	44	21	11	44	21	11	44	18	11	44	17
13	11	44	30	11	44	29	11	44	27	11	44	25
14	11	44	39	11	44	38	11	44	36	11	44	34
15	11	44	49	11	44	48	11	44	45	11	44	43
16	11	45	0	11	44	59	11	44	56	11	44	54
17	11	45	12	11	45	10	11	45	8	11	45	5
18	11	45	25	11	45	23	11	45	20	11	45	17
19	11	45	39	11	45	36	11	45	33	11	45	30
20	11	45	53	11	45	50	11	45	47	11	45	43
21	11	46	8	11	46	5	11	46	2	11	45	58
22	11	46	25	11	46	21	11	46	18	11	46	13
23	11	46	41	11	46	38	11	46	34	11	46	29
24	11	46	59	11	46	55	11	46	51	11	46	46
25	11	47	18	11	47	13	11	47	9	11	47	4
26	11	47	37	11	47	32	11	47	28	11	47	22
27	11	47	57	11	47	52	11	47	47	11	47	42
28	11	48	17	11	48	12	11	48	8	11	48	2
29	11	48	38	11	48	33	11	48	28	11	48	22
30	11	49	0	11	48	55	11	48	50	11	48	44

Monat December.

	Schaltjahr.			I.			II.			III.		
Tag.	U.	M.	S.	U.	M.	S.	U.	M.	S.	U.	M.	S.
1	11	49	23	11	49	18	11	49	12	11	49	6
2	11	49	46	11	49	41	11	49	35	11	49	29
3	11	50	10	11	50	4	11	49	58	11	49	52
4	11	50	34	11	50	29	11	50	22	11	50	16
5	11	50	59	11	50	53	11	50	47	11	50	41
6	11	51	25	11	51	19	11	51	12	11	51	6
7	11	51	51	11	51	45	11	51	37	11	51	32
8	11	52	17	11	52	11	11	52	4	11	51	58
9	11	52	44	11	52	38	11	52	30	11	52	25
10	11	53	11	11	53	5	11	52	57	11	52	52
11	11	53	39	11	53	32	11	53	25	11	53	19
12	11	54	7	11	54	0	11	53	53	11	53	47
13	11	54	36	11	54	29	11	54	21	11	54	15
14	11	55	4	11	54	57	11	54	50	11	54	44
15	11	55	33	11	55	26	11	55	19	11	55	13
16	11	56	3	11	55	55	11	55	48	11	55	42
17	11	56	32	11	56	25	11	56	18	11	56	11
18	11	57	2	11	56	54	11	56	48	11	56	41
19	11	57	32	11	57	24	11	57	17	11	57	10
20	11	58	2	11	57	54	11	57	47	11	57	40
21	11	58	32	11	58	24	11	58	17	11	58	10
22	11	59	2	11	58	54	11	58	47	11	58	40
23	11	59	32	11	59	24	11	59	17	11	59	10
24	12	0	2	11	59	54	11	59	47	11	59	40
25	12	0	32	12	0	24	12	0	17	12	0	10
26	12	1	2	12	0	54	12	0	47	12	0	40
27	12	1	32	12	1	24	12	1	17	12	1	9
28	12	2	2	12	1	54	12	1	46	12	1	39
29	12	2	31	12	2	23	12	2	16	12	2	8
30	12	3	0	12	2	52	12	2	45	12	2	38
31	12	3	29	12	3	21	12	3	14	12	3	7

§. 76. Da die Sonne kein bloßer Punkt wie die Fixsterne ist, sondern wie eine Kreisfläche scheint, deren Mittelpunkt durch nichts gegeben ist; so muß man die Uhrzeiten notiren, da der erste Sonnenrand den mittelsten Verticalfaden berührte und der zweite Sonnenrand diesen Faden wieder verließ, hierauf beide notirte Uhrzeiten addiren und die gefundene Summe halbiren. Diese Hälfte wird nun diejenige Zeit angeben, welche die Uhr in dem Augenblicke, da der Mittelpunkt der Sonne durch den mittelsten Verticalfaden ging, gewiesen hatte. Oder mit andern Worten: Das arithmetische Mittel der beiden notirten Uhrzeiten wird die Uhrzeit der Culmination der Sonne geben. — Ganz eben so ist für jeden andern andern Verticalfaden die Rechnung anzustellen, um die Uhrzeit des Durchgangs des Sonnenmittelpunktes durch eben jenen Verticalfaden zu bestimmen. — Sucht man endlich das arithmetische Mittel der Durchgangs-Uhrzeiten des Sonnenmittelpunktes durch diejenigen beiden Verticalfäden, welche gleichweit von dem mittelsten Verticalfaden abstehen; so giebt das gefundene arithmetische Mittel offenbar die Uhrzeit des Durchgangs des Sonnenmittelpunktes durch den mittelsten Verticalfaden, d. h. die Uhrzeit im wahren Mittage. — Indessen kann man diese letztere auch dadurch erhalten, daß man das arithmetische Mittel derjenigen beiden Uhrzeiten sucht, da die Berührungen des ersten Sonnenrandes z. B. am Faden 7 (Fig. 6) und des zweiten Sonnenrandes am Faden 5, oder da die Berührungen des ersten Sonnenrandes am Faden 3 und des zweiten Sonnenrandes am Faden 1 stattfanden; u. s. w. Nur in dem einzigen Falle, wo die Beobachtungen vollständig, für jeden Sonnenrand an jedem Verticalfaden, erlangt worden sind, wird die Rechnung am einfachsten, indem man nur das arithme-

tische Mittel aus sämmtlichen Uhrzeiten zu berechnen braucht.

§. 77. Wir wollen die im vorigen Paragraphen angedeuteten Rechnungen durch mehrere Beispiele sofort erläutern.

Im Jahre 1840 wurden am 3. November zu Leipzig mittelst eines genau im Meridiane befindlichen Passageninstruments, das ein fünffädiges Mikrometer hatte (Fig. 6), folgende Beobachtungen der Sonne angestellt:

		Uhrzeiten.
Erster Sonnenrand,	Fad. 7	11 Uhr 57 Min. 51 Sek.
	Fad. 3	11 „ 58 „ 22 „
	Fad. 0	11 „ 58 „ 52 „
	Fad. 1	11 „ 59 „ 21 „
	Fad. 5	11 „ 59 „ 50 „
Zweiter Sonnenrand,	Fad. 7	12 „ 0 „ 7 „
	Fad. 3	12 „ 0 „ 36 „
	Fad. 0	12 „ 1 „ 8 „
	Fad. 1	12 „ 1 „ 37 „
	Fad. 5	12 „ 2 „ 8 „

Da hier die Beobachtungen vollständig, für jeden Sonnenrand an jedem Verticalfaden, erlangt worden sind; so braucht man nur das arithmetische Mittel sämmtlicher notirten Uhrzeiten zu berechnen, um sofort die Uhrzeit der Culmination der Sonne zu erhalten.

Es ist aber die Summe sämmtlicher Uhrzeiten:

119 St. 59 Min. 52 Sek.,

folglich deren zehnter Theil oder das arithmetische Mittel:

11 Uhr 59 Min. 59,2 Sek.,

welche Zeit die Uhr zeigte, als der Mittelpunkt der Sonnenscheibe durch den mittelsten Verticalfaden ging; mithin ist

11 Uhr 59 Min. 59,2 Sek.

die gesuchte Uhrzeit im wahren Mittage.

Nun ist ferner, weil 1840 ein Schaltjahr, die mitt-

lere Zeit im wahren Mittage am 3. November (nach S. 108).

	11 Uhr 43 Min. 43,0 Sek.
Uhrzeit im wahren Mittage	11 „ 59 „ 59,2 „
also Fehler der Uhr:	+ 16 Min. 16,2 Sek.

gegen mittlere Zeit; d. h. zur Zeit der angestellten Beobachtungen ging die Uhr um 16 Min. 16,2 Sek. gegen die mittlere Zeit voraus.

In demselben Jahre 1840 beobachtete man an dem nämlichen Instrumente die Sonne am 20. Mai, wie folgt:

Erst. Sonnenrand, Fad. 7	11 Uhr	55 M.	30,2 Sek.
Fad. 3	11 „	55 „	59,3 „
Fad. 0	11 „	56 „	29,3 „
Fad. 1	11 „	56 „	58,7 „
Fad. 5	11 „	57 „	27,9 „
Zweit. Sonnenrand, Fad. 7	12 „	3 „	41,5 „
Fad. 3	12 „	4 „	10,7 „
Fad. 0	12 „	4 „	39,6 „
Fad. 1	12 „	5 „	9,6 „
Fad. 5	12 „	5 „	39,0 „
also Summe:	120 Uhr	5 M.	45,8 Sek.
Mittel:	12 „	— „	34,58 „

Man könnte nun aber auch so rechnen:

Erster ☉ Rand Fad. 7	11 Uhr 55 Min. 30,2 Sek.
Zweit. ☉ Rand Fad. 7	12 „ 3 „ 41,5 „
	23 Uhr 59 Min. 11,7 Sek.
	11 Uhr 59 Min. 35,85 Sek.

als Durchgangszeit des ☉ Mittelpunktes durch den Faden 7.

Erster ☉ Rand Fad. 3	11 Uhr 55 Min. 59,3 Sek.
Zweit. ☉ Rand Fad. 3	12 „ 4 „ 10,7 „
	24 Uhr 0 Min. 10,0 Sek.
	12 Uhr 0 Min. 5,0 Sek.

als Durchgangszeit des ☉Mittelpunktes durch den Faden 3.

Erster ☉ Rand Fad. 0	11 Uhr	56 Min.	29,3 Sek.
Zweit. ☉ Rand Fad. 0	12 „	4 „	39,6 „
	24 Uhr	1 Min.	8,9 Sek.
	12 Uhr	0 Min.	34,45 Sek.

als Durchgangszeit des ☉Mittelpunktes durch den Faden 0.
als Durchgangszeit des ☉Mittelpunktes durch den Faden 1.

Erster ☉ Rand Fad. 1	11 Uhr	56 Min.	58,7 Sek.
Zweit. ☉ Rand Fad. 1	12 „	5 „	9,6 „
	24 Uhr	2 Min.	8,3 Sek.
	12 Uhr	1 Min,	4,15 Sek.

als Durchgangszeit des ☉Mittelpunktes durch den Faden 1.

Erster ☉ Rand Fad. 5	11 Uhr	57 Min.	27,9 Sek.
Zweit. ☉ Rand Fad. 5	12 „	5 „	39,0 „
	24 Uhr	3 Min.	6,9 Sek.
	12 Uhr	1 Min.	33,45 Sek.

als Durchgangszeit des ☉Mittelpunktes durch den Faden 5.

Nun gehören (Fig. 6.) die Fäden 5 und 7, 1 und 3 zusammen; daher erhält man jetzt:

	Durchgangszeiten		
Faden 5	12 Uhr	1 Min.	33,45 Sek.
Faden 7	11 „	59 „	35,85 „
	24 Uhr	1 Min.	9,30 Sek.
Mittel:	12 Uhr	0 Min.	34,65 Sek.
Faden 1	12 Uhr	1 Min.	4,15 Sek.
Faden 3	12 „	0 „	5,00 „
	24 Uhr	1 Min.	9,15 Sek.
Mittel:	12 Uhr	0 Min.	34,575 Sek.
Fäden 0 Mittel:	12 Uhr	0 Min.	34,45 Sek.

Zusammenstellung der gefundenen drei Mittel:

	12 Uhr 0 Min.	34,65 Sek.	
	12 „ 0 „	34,58 „	
	12 „ 0 „	34,45 „	
Summe:	36 St. 1 Min.	43,68 Sek.	
Mittel:	12 Uhr 0 Min.	34,57 Sek.,	wie oben.

Man sieht aus dieser Darstellung, wie viel einfacher die erstere Berechnungsweise als die zweite ist, sobald nur die Beobachtungen vollständig sind. Zur zweiten umständlichern Berechnungsweise muß man freilich seine Zuflucht nehmen, sobald die Beobachtungen unvollständig vorhanden sind, wie im nächsten Beispiele wahrzunehmen sein wird.

Wir fanden übrigens oben 12 Uhr 0 Min. 34,6 Sek. als Uhrzeit im wahren Mittage des 20. Mai, an welchem Tage die mittlere Zeit im wahren Mittage (nach S. 102) 11 Uhr 56 Min. 14 Sek. ist. Daher ging die Uhr um 4 Min. 20,6 Sek. gegen die mittlere Zeit voraus.

Am 15. Juni 1836 wurden in Leipzig an demselben, bereits genau berichtigten, Passageninstrument folgende Beobachtungen der Sonne angestellt:

		Uhrzeiten.	
Erst. ⊙ Rand,	Fad. 7	11 Uhr 59 Min. 31 Sek.	
	Fad. 3	11 „ 59 „ 59 „	
	Fad. 0	12 „ 0 „ 30 „	
	Fad. 1	. . . .	Wolken
	Fad. 5	. . . .	versäumt
Zweit. ⊙ Rand,	Fad. 7	12 „ 7 „ 42 „	
	Fad. 3	. . . .	Wolken
	Fad. 0	12 „ 8 „ 40 „	
	Fad. 1	12 „ 9 „ 8 „	
	Fad. 5	. . .	versäumt.

Wenn, wie es hier der Fall ist, die Beobachtungen nicht sehr vollständig gelungen sind, so muß man, wenn zu der Beobachtung des einen Sonnenrandes die des

andern fehlt, die Uhrzeit der letztern Beobachtung zwar als unbekannt außer Acht lassen, kann aber dafür mittelst nachstehender Tafel die Durchgangszeit des Sonnenmittelpunktes durch den in Rede stehenden Verticalfaden wenigstens näherungsweise finden. Ist nämlich nur der erste Sonnenrand beobachtet worden, so addire man zu der Uhrzeit dieser Beobachtung die, dem Beobachtungstage in der Tafel zukommende, halbe Dauer der Culmination der Sonne, um sofort die Durchgangszeit des Sonnenmittelpunktes durch den, in Rede stehenden, Verticalfaden zu erhalten. Die Addition geht jedoch in eine Subtraction über, wenn bloß der zweite Sonnenrand beobachtet worden ist.

Halbe Dauer der Culmination der Sonne.

Tag.	Januar.		Februar.		März.		April.		Mai.		Juni.	
	M.	S.	M.	S.	M.	S.	M.	S.	M.	S.	M.	S.
1	1	11	1	8	1	5	1	4	1	6	1	8
2	1	11	1	8	1	5	1	4	1	6	1	8
3	1	11	1	8	1	5	1	4	1	6	1	8
4	1	11	1	8	1	5	1	4	1	6	1	8
5	1	11	1	8	1	5	1	4	1	6	1	8
6	1	10	1	7	1	5	1	4	1	6	1	9
7	1	10	1	7	1	5	1	5	1	6	1	9
8	1	10	1	7	1	5	1	5	1	6	1	9
9	1	10	1	7	1	5	1	5	1	7	1	9
10	1	10	1	7	1	5	1	5	1	7	1	9
11	1	10	1	7	1	5	1	5	1	7	1	9
12	1	10	1	7	1	5	1	5	1	7	1	9
13	1	10	1	7	1	5	1	5	1	7	1	9
14	1	10	1	7	1	5	1	5	1	7	1	9
15	1	10	1	7	1	5	1	5	1	7	1	9
16	1	10	1	6	1	4	1	5	1	7	1	9
17	1	9	1	6	1	4	1	5	1	7	1	9
18	1	9	1	6	1	4	1	5	1	7	1	9
19	1	9	1	6	1	4	1	5	1	7	1	9
20	1	9	1	6	1	4	1	5	1	7	1	9
21	1	9	1	6	1	4	1	5	1	8	1	9
22	1	9	1	6	1	4	1	5	1	8	1	9
23	1	9	1	6	1	4	1	5	1	8	1	9
24	1	9	1	6	1	4	1	5	1	8	1	9
25	1	9	1	6	1	4	1	6	1	8	1	9
26	1	9	1	5	1	4	1	6	1	8	1	9
27	1	9	1	5	1	4	1	6	1	8	1	9
28	1	9	1	5	1	4	1	6	1	8	1	9
29	1	8	1	5	1	4	1	6	1	8	1	9
30	1	8			1	4	1	6	1	8	1	9
31	1	8							1	8		

Um dieß nun auf obiges Beispiel anzuwenden, bemerken wir zuerst, daß die beiden Beobachtungen am Faden 5 fehlen, die am Faden 7 und 0 dagegen vollständig sind. Man erhält aus den übrigen Beobachtungen, weil für den 15. Juni aus der Tafel 1 Minute 9 Sekunden als die halbe Dauer der Sonnenculmination sich ergiebt:

Halbe Dauer der Culmination der Sonne.

Tag.	Juli.		August.		September.		October.		November.		December.	
	M.	S.	M.	S.	M.	S.	M.	S.	M.	S.	M.	S.
1	1	9	1	6	1	4	1	4	1	7	1	10
2	1	9	1	6	1	4	1	4	1	7	1	10
3	1	8	1	6	1	4	1	4	1	7	1	10
4	1	8	1	6	1	4	1	4	1	7	1	10
5	1	8	1	6	1	4	1	5	1	7	1	10
6	1	8	1	6	1	4	1	5	1	7	1	11
7	1	8	1	6	1	4	1	5	1	8	1	11
8	1	8	1	6	1	4	1	5	1	8	1	11
9	1	8	1	6	1	4	1	5	1	8	1	11
10	1	8	1	6	1	4	1	5	1	8	1	11
11	1	8	1	6	1	4	1	5	1	8	1	11
12	1	8	1	6	1	4	1	5	1	8	1	11
13	1	8	1	5	1	4	1	5	1	8	1	11
14	1	8	1	5	1	4	1	5	1	8	1	11
15	1	8	1	5	1	4	1	5	1	9	1	11
16	1	8	1	5	1	4	1	5	1	9	1	11
17	1	8	1	5	1	4	1	5	1	9	1	11
18	1	8	1	5	1	4	1	5	1	9	1	11
19	1	7	1	5	1	4	1	6	1	9	1	11
20	1	7	1	5	1	4	1	6	1	9	1	11
21	1	7	1	5	1	4	1	6	1	9	1	11
22	1	7	1	5	1	4	1	6	1	9	1	11
23	1	7	1	5	1	4	1	6	1	9	1	11
24	1	7	1	5	1	4	1	6	1	10	1	11
25	1	7	1	5	1	4	1	6	1	10	1	11
26	1	7	1	5	1	4	1	6	1	10	1	11
27	1	7	1	5	1	4	1	6	1	10	1	11
28	1	7	1	5	1	4	1	6	1	10	1	11
29	1	7	1	4	1	4	1	7	1	10	1	11
30	1	7	1	4	1	4	1	7	1	10	1	11
31	1	7	1	4			1	7			1	11

Durchgangszeit des Sonnenmittelpunktes

durch den Faden 3.	12 Uhr	1 Min.	8 Sek.
durch den Faden 1.	12 „	7 „	59 „

Ferner erhält man:

Erster ☉ Rand Faden 7.	11 Uhr	59 Min.	31 Sek.
Zweit. ☉ Rand Faden 7.	12 „	7 „	42 „
	24 Uhr	7 Min.	13 Sek.
	12 Uhr	3 Min.	36,5 Sek.

als Durchgangszeit des Sonnenmittelpunktes durch den Faden 7.

Erster ⊙ Rand Faden 0	12 Uhr 0 Min. 30 Sek.
Zweit. ⊙ Rand Faden 0	12 „ 8 „ 40 „
	24 Uhr 9 Min. 10 Sek.
	12 Uhr 4 Min. 35 Sek.

als Durchgangszeit des Sonnenmittelpunktes durch den Faden 0.

Nun gehören (Fig. 6.) die Fäden 5 und 7, 1 und 3 zusammen; daher jetzt:

		Durchgangszeiten.
Faden 5		fehlt.
Faden 7		12 Uhr 3 Min. 36,5 Sek.
	Mittel:	bleibt unbestimmt.
Faden 1		12 Uhr 7 Min. 59 Sek.
Faden 3		12 „ 1 „ 8 „
		24 Uhr 9 Min. 7 Sek.
	Mittel:	12 Uhr 4 Min. 38,5 Sek.
Faden 0	Mittel:	12 Uhr 4 Min. 35 Sek.

Zusammenstellung der gefundenen zwei Mittel;

	12 Uhr 4 Min. 38,5 Sek.
	12 „ 4 „ 35,0 „
Summe:	24 Uhr 9 Min. 13,5 Sek.
Mittel:	12 Uhr 4 Min. 36,75 Sek.

als Uhrzeit im wahren Mittage, daher, weil am 15. Juni (nach S. 103) 12 Uhr 0 Min. 6 Sek. die mittlere Zeit im wahren Mittage ist, + 4 Min. 30,8 Sek. der Fehler der Uhr, nämlich um so viel eilte zur Zeit der Beobachtungen die Uhr gegen die mittlere Zeit voraus.

Ohne den Gebrauch obiger Tafel erhält man durch alleinige Benutzung der wirklich angestellten Beobachtungen die Uhrzeit im wahren Mittage freilich weit zuver-

lässiger, wenn man z. B. die Beobachtungen vom 15 Juni folgender Maaßen combinirt und in Rechnung nimmt, wie dieß schon im vorigen §. angedeutet worden ist.

Erster ⊙ Rand Fad. 3.	11 Uhr 59 Min. 59 Sek.
Zweit. ⊙ Rand Fad. 1.	12 „ 9 „ 8 „
	24 Uhr 9 Min. 7 Sek.
Mittel:	12 Uhr 4 Min. 18,5 Sek.
Erster ⊙ Rand Fad. 0.	12 Uhr 0 Min. 30 Sek.
Zweit. ⊙ Rand Fad. 0.	12 „ 8 Min. 40 Sek.
	24 Uhr 9 Min. 10 Sek.
Mittel:	12 Uhr 4 Min. 35 Sek.

Zusammenstellung beider Mittel:

	12 Uhr 4 Min. 18,5 Sek.
	12 „ 4 „ 35,0 „
	24 Uhr 8 Min. 53,5 Sek.
Mittel:	12 Uhr 4 Min. 26,75 Sek.

als die eigentliche Uhrzeit im wahren Mittage, welche Bestimmung offenbar zuverlässiger als die oben gefundene 12 Uhr 4 Min. 36,75 Sek. sein wird. Weil nun für den 15. Juni die mittlere Zeit im wahren Mittage 12 Uhr 0 Min. 6 Sek. ist, so haben wir + 4 Min. 20,8 Sek. als Fehler der Uhr, eine zuverlässigere Bestimmung als die obige + 4 Min. 30,8 Sek.

§. 78. Noch sind hier einige, das Mittagsfernrohr hinsichtlich der mit demselben anzustellenden Sonnenbeobachtungen betreffende, Bemerkungen nachzuholen.

Statt des Fadenmikrometers kann man auch ein sogenanntes Glasmikrometer gebrauchen, das aus einem runden Planglase besteht, welches in dem Brennpunkte beider Gläser des Fernrohrs eingesetzt wird. Auf diesem Planglase nun werden von einem geschickten Optiker eine horizontale gerade Linie und drei, fünf oder sieben ver-

ticale gerade Linien mit einem Diamant ganz fein und sehr genau eingerissen. Man kann diese Linien auch mit Flußspat-Säure einätzen.

Da das Sonnenlicht wegen seiner ungemein großen Helligkeit nicht erlaubt, das Fernrohr direct zu gebrauchen, so muß man sich einer Blendung bedienen. Es kann aber eine Blendung entweder aus einem gefärbten oder aus einem beräucherten Glase bestehen. Von den gefärbten Gläsern sind die dunkelrothen wohl die brauchbarsten, weshalb man auch sogar geschliffene Lavastücke als Blendungen in Anwendung bringt. Um ein dauerhaft beräuchertes Glas zu bekommen, schneide man aus Spiegelglas zwei kleine Scheiben, und aus einem Kartenblatte einen Ring von gleichem Durchmesser. Man beräuchere alsdann eines der beiden Spiegelglas-Scheibchen über der Flamme einer Lampe und zwar so lange, bis man durch das so beräucherte Glas keinen, vom gewöhnlichen Tageslichte erhellten, Gegenstand mehr erkennen kann, lege den Ring darauf und auf diesen dann das andere Spiegelglasscheibchen. Endlich leimt man rings herum einen schmalen Papierstreifen, wodurch nun das Ganze zusammengehalten und die Beräncherung, da sie sich inwendig befindet, vor jeder zufälligen Beschädigung geschützt wird. Eine solche Blendung wird jederzeit am Fernrohre zwischen dem Ocularglase und demjenigen Orte angebracht, an welchem sich das Auge des Beobachters befindet. Da übrigens die Sonne bald heller bald matter scheint, je nachdem der Zustand der Atmosphäre beschaffen ist, so bringt man gemeiniglich zwei Blendungen an. Scheint nun die Sonne ganz hell, so beobachtet man sie durch beide übereinander gebrachte Blendungen; scheint aber die Sonne nicht ganz hell, so betrachtet man sie durch das Fernrohr nur mit einer der beiden

Blendungen; scheint endlich die Sonne so matt, daß man sie, ohne den Augen zu schaden, unmittelbar ansehen kann, so wird beim Gebrauch des Fernrohrs gar keine Blendung zu Hilfe genommen. Auf diese Weise wird es also immer möglich sein, die Sonnenscheibe im Fernrohre scharf begrenzt zu erblicken.

§. 79. Da das Fadenmikrometer nur bei Beobachtungen, die während des Tages oder Mondscheins angestellt werden, zu gebrauchen ist, bei Beobachtungen der Sterne dagegen, die in völlig dunkler Nacht geschehen, die Fäden nicht gut anders wahrzunehmen sind, als wenn man sie auf die Art beleuchtet, wie S. 92 angegeben worden; so wird es allerdings am zweckdienlichsten sein, statt des Fadenmikrometers ein andres, in Fig. 10. dargestelltes, Mikrometer zu wählen, welches zu Tag- und Nachtbeobachtungen zugleich bequem und zuverlässig angewandt werden kann.

Diese Vorrichtung besteht aus einem kreisrunden Ringe ENFOE von Messingblech, der das Diaphragma des Fernrohrs bildet. In der Ebene dieses Ringes nun sind die drei Messingstreifen ABCD, EFGH und IKLM von gleicher Breite und in gleichen Entfernungen von einander so befestigt, daß der mittelste Streifen genau mitten durch das Sehfeld gehet, daß folglich die Kanten EF und GH, ferner CD und IK, endlich AB und LM genau gleichweit vom Mittelpunkte P des Sehfeldes abstehen. Es versteht sich hierbei übrigens von selbst, daß sämmtliche sechs Kannten, welche die Stelle der Fäden vertreten, nicht nur ganz gerade Linien sein, sondern auch bei jedem beliebigen Auf- und Niederbewegen des Mittagsfernrohrs stets in verticaler Lage verbleiben müssen. Die beiden Zwischenräume DCFE und HGKI, die völlig gleich

groß sein müssen, können zwar beliebig weit sein, dürfen jedoch nicht zu klein ausfallen.

Endlich haben wir noch zu bemerken, daß der Gebrauch dieser Vorrichtung mit der Anwendung des Fadenmikrometers zwar ganz der nämliche ist, daß jedoch dieses neue Mikrometer, welches wir Streifenmikrometer nennen wollen, nicht nur zu allen Zeiten anwendbar ist, sondern auch in vielen Fällen weit sicherere Resultate als das Fadenmikrometer gewährt. Das letztere nämlich unterliegt öfters hygrometrischen Einflüssen, welche die Fäden oft locker werden oder sich krumm ziehen lassen, so daß sie dann keine genau geraden Linien abgeben, auch einen ungleichförmigen Abstand unter sich erhalten. Dagegen bleiben die drei Messingstreifen stets unverändert, und die Beobachtung der Verschwindungen eines Sterns an den drei Kanten LM, GH und CD sowohl, als das Wiederscheinen dieses Sterns an den drei Kanten KI, FE und BA, geschieht gemeiniglich so schnell, daß hierdurch solche Beobachtungen einen hohen Grad von Präcision erlangen. Eben so können die Berührungen der beiden Sonnenränder an den sechs Kanten der drei Messingstreifen exact wahrgenommen werden. — Man sieht überdieß sehr leicht, wie sich an einem Streifenmikrometer die Verschwindung eines und desselben Sterns verdreifachen, und so die, im eilften Kapitel vorgetragene, Bestimmung des Ganges einer Uhr durch beobachtete Sternverschwindungen gleichsam wiederholen läßt, indem, wenn man z. B. 5 Sterne beobachtet, 15 Verschwindungen erhalten werden.

Die Durchgangszeit durch die Mitte des Sehfeldes (Fig. 10.), d. h. die Culminationszeit eines Gestirns, erhält man beim Streifenmikrometer dreimal, indem die Mittel der Uhrzeiten der Kanten LM und AB, IK und

CD, GH und EF bestimmt werden. Indessen können, sobald nicht sämmtliche sechs Beobachtungen vorhanden sind, dieselben Combinationen und Berechnungen ausgeführt werden, wie sie in den Beispielen des §. 77. in Bezug auf das Fadenmikrometer dargestellt worden sind.

§. 80. Es wird nicht unnöthig sein, ein vollständig durchgeführtes Beispiel von Beobachtungen am Streifenmikrometer darzustellen.

Im Jahre 1837 beobachtete man, wegen genauer Bestimmung des 24stündigen Ganges einer nahe nach Sternzeit gehenden Uhr, folgende Sternverschwindungen an dem Streifenmikrometer eines Fernrohrs, das nahe in der Meridanebene und zwar unbeweglich aufgestellt war.

Beob.	1. Tag.		Uhrzeiten.
1.	1. Kante	1. Stern	3 U. 58 M. 6,4 S.
2.		2. Stern	3 „ 58 „ 9,7 „
3.	3. Kante	1. Stern	3 „ 58 „ 36,1 „
4.		2. Stern	3 „ 58 „ 40,0 „
5.	5. Kante	1. Stern	3 „ 59 „ 7,1 „
6.		2. Stern	3 „ 59 „ 9,9 „

Beob.	1. Tag.		Uhrzeiten.
1.	1. Kante	1. Stern	3 U. 58 M. 11,0 S.
2.		2. Stern	3 „ 58 „ 14,7 „
3.	3. Kante	1. Stern	3 „ 58 „ 40,9 „
4.		2. Stern	3 „ 58 „ 44,5 „
5.	5. Kante	1. Stern	3 „ 59 „ 12,0 „
6.		2. Stern	3 „ 59 „ 14,7 „

Nimmt man hier die beiden, mit einerlei Nummer bezeichneten, Beobachtungen beider Tage zusammen; so erhält man:

24stündiger Gang der Uhr.	1. Beob. Paar	+	4,6	Sek.
	2. „ „	+	5,0	„
	3. „ „	+	4,8	„
	4. „ „	+	4,5	„
	5. „ „	+	4,9	„
	6. „ „	+	4,8	„
	Summe:	+	28,6	Sek.
	Mittel:	+	4,77	Sek.

Die Uhr ging demnach in 24 Sternstunden um 4,77 Sekunden zu geschwind.

Anmerkung. Die im 13. und 15. Kap. vorgetragenen Methoden, die Zeit (und also den Fehler einer Uhr) zu bestimmen, sind solche Bestimmungsmethoden, die keine eigentlich gelehrten und schwierigen Berechnungen, so wie auch keine Anwendung kostbarer Instrumente erfordern. Es wird mithin jedermann, der einfache Rechnungen zu machen versteht und der sich solche Beobachtungswerkzeuge, wie sie bisher beschrieben worden sind, leicht anschaffen kann, gewiß im Stande sein, an jedem Orte den Stand einer Uhr jederzeit genau und bequem zu erforschen. — Es ist aber in neuern Zeiten dahin gekommen, daß manche der von den Mechanicis angefertigten Meßwerkzeuge, die für die Bestimmung der Zeit aus Beobachtnngen weit schärfere Resultate gewähren, doch verhältnißmäßig billig im Preise zu erhalten sind. Es wird folglich Manchen geben, der im Stande ist, sich ein Instrument, z. B. einen kleinen Spiegelsextanten oder Theodoliten anzuschaffen. Auch besitzen jetzt nicht wenige Personen etwas mehr Rechnungsfertigkeit als andere, indem sie sogar nach einer einfachen Formel zu rechnen verstehen. Ferner darf man wohl mit Recht annehmen, daß der Besitz eines Barometers und Ther-

mometers, keineswegs mehr ein seltener sei. Endlich ist auch zu berücksichtigen, daß wenigstens in manchen Städten, die keine Sternwarte als öffentliches Institut besitzen, Uhrmacher oder andere als Freunde der Astronomie bekannte Personen die Stellung einer oder mehrerer öffentlichen Uhren zu besorgen haben, von welchen Personen man wohl erwarten kann, daß sie Beobachtungen geschickt anzustellen und aus denselben die Zeit genau zu bestimmen wissen.

Es sollen daher in den folgenden Kapiteln sowohl einige der bessern Beobachtungswerkzeuge und Beobachtungsmethoden beschrieben, als auch mehrere genauere Berechnungsarten des 24stündigen Ganges und des Standes einer, nach Sternzeit oder nach mittlerer Zeit gehenden, Uhr vorgetragen und durch Beispiele erläutert werden.

Sechzehntes Kapitel.

Von dem Spiegelsextanten.

§. 81. Der Spiegelsextant ist überall, wo kein fester Standpunkt vorhanden, ein ganz unentbehrliches Instrument, das in der Astronomie vorzüglich in doppelter Absicht gebraucht wird: entweder um Höhen eines Gestirns, oder Abstände zweier Gestirne von einander zu messen.

Der Spiegelsextant kann der Hauptsache nach so verfertigt sein, wie er im §. 54. beschrieben und in Fig. 3. abgebildet ist. Nur fallen das Gestell (Stativ) und der Lothfaden weg; der Gradbogen enthält nicht 60, sondern 120 gleiche Theile, der Grund hiervon liegt darin, daß vermöge der katoptrischen Einrichtung des Instruments nur die Hälfte eines jeden gemessenen Winkels gefunden wird, daß mithin, um die Multiplication mit 2 für im-

mer zu ersparen, jeder Grad der Theilung bloß als ein halber angegeben ist. Um das Centrum der Theilung bewegt sich ein, die Alhidade genanntes, Lineal, das gerade über dem Centrum einen senkrecht befestigten Planspiegel trägt. Ein zweiter, jedoch kleinerer, Planspiegel ist auf der Sextantenebene selbst senkrecht und so befestigt, daß er, sobald die Alhidade auf den Nullpunkt der Theilung gestellt worden, alsdann mit dem großen Spiegel parallel steht. Am Sextanten befindet sich ein hölzerner Griff, an welchem das Instrument während des Beobachtens in die rechte Hand genommen wird. Vor jedem der beiden Spiegel lassen sich drei verschiedentlich gefärbte, eben geschliffene Blendgläser in einem gemeinschaftlichen Gewinde hin und her bewegen. Die obere Hälfte des kleinen Spiegels ist durchbrochen, damit die Strahlen von dem einen der beiden Gegenstände, deren Winkel zu messen ist, durch den durchbrochenen Theil des kleinern Spiegels direct durch das Fernrohr in das Auge des Beobachters gelangen können. In eine, auf dem Körper des Sextanten befestigte, Fassung wird ein kleines astronomisches Fernrohr eingeschraubt, dessen Objectivglas dem kleinern Spiegel zugekehrt ist. Die optische Axe des Fernrohrs muß nicht nur der Sextantenebene parallel laufen, sondern auch gerade auf die Grenze zwischen dem undurchbrochenen und durchbrochenen Theile des kleinern Spiegels stoßen. Die Alhidade trägt einen Nonius, und nachdem die erstere selbst mit der bloßen Hand so weit fortgeschoben worden, bis die Bilder beider Gegenstände sich im Fernrohre beinahe decken, wird die Alhidade durch eine unter ihr angebrachte Stellschraube festgestellt, die völlig genaue Deckung beider Bilder aber alsdann mittelst einer feinen Mikrometerschraube zuwege gebracht. Die Theilstriche und die ihnen beigesetzten

Zahlen, sowohl auf dem Sextanten selbst als auch auf dem Nonius, werden durch ein, die Loupe genanntes, Vergrößerungsglas betrachtet. Da der Spiegelsextant aus freier Hand gehalten wird, so darf er nicht zu groß sein, denn sonst würde er zu schwer, die Hand des Beobachters könnte leicht einschlafen und selbst der Arm würde nicht wenig ermüden.

§. 82. Ehe der Spiegelsextant gebraucht wird, muß man prüfen, ob alle Theile desselben richtig construirt sind oder in rechter Lage sich befinden. — Um erstens zu untersuchen, ob beide Flächen jedes der beiden Spiegel parallel sind, beobachte man einen hellen Stern, so muß von diesem bloß ein einziges Bild erscheinen. Sollte dieß nicht der Fall sein, so kann der Fehler nur dadurch entfernt werden, daß man andere Spiegel auf dem Sextanten anbringen läßt. — Ferner prüft man, ob, sobald beide Spiegel einander parallel sind und die Bilder eines entfernten Gegenstandes sich genau decken, der Index des Nonius genau auf 0 Grad der Sextantentheilung steht oder nicht. Es kann nämlich der Nullstrich des Nonius sowohl vor als auch hinter den Anfang der Theilung auf dem Limbus fallen, was der Fehler des Index, gewöhnlicher aber der Collimationsfehler genannt wird. Man pflegt ihn während des Gebrauchs des Sextanten durch Rechnug, nicht aber auf mechanische Weise unschädlich zu machen. Der Collimationsfehler wird am besten bestimmt, sobald man den Nonius auf Null stellt und das Bild der Sonne beobachtet, welches, indem beide erzeugte Bilder sich decken, bloß einfach sein muß. Steht aber das eine Bild verschoben über dem andern, so bringe man beide mittelst der Mikrometerschraube des Nonius zur genauen Deckung, und der kleine Winkel, den nunmehr der Limbus angiebt, ist der Colli-

mationsfehler, der entweder in die Theilung fällt, mithin dann von allen gemessenen Winkeln abgezogen werden muß, oder vor den Nullpunkt der Theilung fällt, mithin dann zu allen gemessenen Winkeln addirt werden muß, um die wahren Winkel zu erhalten. Zur Bestimmung des Collimationsfehlers eignet sich die Sonne am besten. — Um ferner, wenn die Blendgläser nicht genau parallele Flächen haben sollten, die hieraus entstehenden nachtheiligen Einflüsse auf die Messungen mit dem Spiegelsextanten ganz zu entfernen, wird man den Collimationsfehler mit den nämlichen vorgeschobenen Blendgläsern, mit welchen man nachher die wirklichen Beobachtungen vorzunehmen beabsichtigt, zu untersuchen haben. Dann fällt ein etwaiger Fehler der Blendgläser jederzeit hiermit ganz zusammen. — Endlich muß auch die optische Axe des Fernrohrs mit der Ebene des Sextanten parallel sein; auch müssen die Theilungen des Limbus und des Nonius möglichst fehlerfrei sein. Indessen kann man sich hinsichtlich dieser beiden Forderungen meistens beruhigen, sobald nur das Instrument von einem geschickten Künstler verfertigt ist.

§. 83. Will man die Höhe eines Gegenstandes mit dem Spiegelsexanten bestimmen, so muß man ein künstliches Bild dieses Gegenstandes erzeugen, entweder durch den Spiegel der ruhigen See oder durch einen künstlichen Horizont, und hierauf den Winkel messen, den das künstliche Bild mit dem wirklichen Gegenstande macht. Dieß geschieht, wenn man das, durch das Fernrohr direct betrachtete, künstliche Bild mit dem, durch doppelte Spiegelung erhaltenen, wirklichen Bilde zur genauen Berührung bringt. Schließlich ist wohl zu beachten, daß der Spiegelsextant die doppelte Höhe des Objects über dem Horizonte oder den doppelten Winkel giebt,

den der von dem Objecte kommende Lichtstrahl mit der Ebene des Horizontes bildet.

§. 84. Es wurde im vorigen Paragraphen der künstliche Horizont (tragbarer Horizont) erwähnt. Zu den besten derselben werden die Öl- und Glashorizonte gerechnet.

1) Der Ölhorizont. Eine runde Blechbüchse, von 3 bis 5 Zoll im Durchmesser und mit einem gut schließenden Deckel versehen, wird einige Linien hoch mit gutem Olivenöl gefüllt, unter das schon vorher drei Theelöffel voll Kienruß geschüttet, die Masse aber recht umgerührt und hierauf durch Leinwand filtrirt worden ist. Das Öl bildet dann eine sehr ebene Oberfläche, die ein gutes Bild reflectirt und welche zugleich wegen der Klebrigkeit des Öls allen Bewegungen leicht widersteht. Freilich erzeugt ein Ölhorizont eine beschwerliche Beschmutzung, da der Deckel immer etwas Öl durchdringen lassen wird, und weil man beim Öffnen und Schließen der Bechblüchse eine Berührung mit der Fettigkeit nicht wohl vermeiden kann.

2) Der Glashorizont. Man nimmt eine runde und dicke, auf der untern Fläche mattgeschliffene, auf der obern Fläche aber fein und eben polirte Glasplatte. Nur die polirte Ebene reflectirt dann das erforderliche Bild. Diese Glasplatte nun läßt man auf Quecksilber schwimmen, wobei jedoch darauf Acht zu geben ist, daß sich kein Schmuz zwischen den beiden sich berührenden Flächen befindet. Die Glasplatte kann aber auch auf eine, mit drei Stellschrauben versehene, Unterlage von Marmor oder Serpentinstein gelegt und dann mittelst einer Setzwaage oder Libelle genau horizontal gestellt werden. Der Glashorizont hat allerdings den Vortheil, daß er nicht leicht einer Erschütterung ausgesetzt ist. Aber wenn man von der

vollkommen gleichen Dicke der Glasplatte nicht ganz überzeugt ist, so können leicht Fehler entstehen. Die festliegende Glasplatte erfordert überdieß die Anwendung einer sehr feinen Libelle, und kann während der Zeit der Beobachtungen durch mancherlei Ursachen gar bald aus der horizontalen Lage kommen.

Anmerkung. Quecksilberhorizonte, die ebenfalls öfters in Anwendung kommen, werden am einfachsten hergestellt, wenn man ein flaches Glas, einen Teller, eine Untertasse oder dergl. mit sorgfältig gereinigtem Quecksilber anfüllt. Obgleich das Quecksilber sehr schwer ist, so wird es dennoch vom Winde in keine geringe Bewegung gesetzt, ein Uebelstand, der nur bei vollkommen ruhiger Luft wegfällt. In einem Hause endlich, in welchem beobachtet werden soll, ist der Quecksilberhorizont ganz unanwendbar, weil Erschütterungen im Hause niemals ganz vermieden werden können.

§. 85. Bei der Anwendung eines Spiegelsextanten, auf dem Sekunden mittelst des Nonius abgelesen werden können, sind folgende wichtige Regeln durchaus zu befolgen.

1) Man nehme nicht zu viele Sonnenhöhen auf einmal, sonst ermüdet, zumal bei großer Hitze, gar bald Arm und Auge, wodurch also die letzten Beobachtungen am schlechtesten ausfallen würden. Der Spiegelsextant selbst würde, da ihn die Sonnenstrahlen so lange unmittelbar treffen, sogar einer Ausdehnung ausgesetzt, auf die bei einem so kleinen Meßwerkzeuge, dessen Nonius z. B. 10 Sekunden angiebt, allerdings dann Rücksicht genommen werden müßte. Übrigens würden sogar die Spiegel in ihren messingenen Fassungen durch die anhaltende große Sonnenhitze sehr stark und sogar ungleich ausgedehnt werden, wie die Risse an der Zinnfolie, wie man sie oft wahrnimmt, anzeigen.

2) Man stelle daher Sonnenbeobachtungen nur in kleinen Zeitintervallen und nach mehreren Pausen an.

3) Man pflegt, wenn Sonnenhöhen genommen werden sollen, den Nonius auf eine runde Zahl von Graden oder Minuten der Theilung genau zu stellen. Wenn der Beobachter alsdann die Sonnenhöhe nehmen will, so muß er natürlich den Spiegelsextanten wenden. Aber nun steht gemeiniglich der Nonius nicht mehr wie erst; denn so scharf auch die Stellschraube der Alhidade vorher angezogen sein mag, so wird dennoch der Nonius durch jene Wendung des Sextanten sich um 20 und mehrere Sekunden verstellt haben. Um nun dieser Verstellung des Nonius zu begegnen, ziehe man zwar die Stellschraube der Alhidade scharf, jedoch nicht zu sehr an, weil sonst durch die allzustarke Klemmung der Nonius gehoben und mithin nicht mehr genau auf dem Gradbogen aufliegen würde; auch ließe sich dann das Übereinstimmen, d. h. die sogenannte Coincidenz der Theilstriche nicht mehr sicher beurtheilen. Man stelle hierauf den Nonius auf irgend eine Zahl der Theilung ein, bringe den Sextanten durch eine schnellende Wendung in die senkrechte, dann aber wieder in die waagerechte Lage zurück, sehe auf dem Nonius nach und verbessere endlich mittelst der Mikrometerschraube die etwa unterdessen verrückte Stellung des Nonius.

4) Es ist weit besser, statt der an dem Sextanten gewöhnlich angebrachten Loupe sich eines andern, erst in die Hand zu nehmenden, Vergrößerungsglases beim Ablesen der Winkel zu bedienen, jene Loupe aber ganz zu entfernen.

Schlußbemerkung. Es giebt eine Art kleiner Spiegelsextanten, die wegen ihrer besondern Form Dosensextanten genannt werden, indessen von den gewöhnlichen größern Sextanten sich im Wesentlichen nicht

unterscheiden, daher es auch unnöthig zu sein scheint, hier die specielle Beschreibung eines Dosensextanten mitzutheilen.

Siebenzehntes Kapitel.

Von dem Nonius und der Libelle.

§. 86. In dem vorigen Kapitel ist der Nonius öfters erwähnt worden. Der Nonius ist eine Vorrichtung, die eigentlich aus einer doppelten Theilung besteht, von der die eine, zum Verschieben am Limbus eingerichtet, die jedesmal erforderliche Stellung erhalten kann. Wenn nun jeder aller Theile der Hauptscale in z. B. 10 noch abzulesende gleiche Theile mittelst des Nonius getheilt werden soll, so nehme man auf der Hauptscale die Größe von 9 Theilen und theile diese, auf das verschiebbare Stück übergetragene, Weite in 10 gleiche Theile, wodurch dann die Noniustheilung entstanden ist. Dann muß die Coincidenz oder das Zusammentreffen des z. B. 6ten Theilstrichs des Nonius mit einem Theilstriche des Limbus offenbar anzeigen, daß der Inder oder Nullpunkt auf $^6/_{10}$ oder $^3/_5$ der Theile der Hauptscale steht. Wären, um noch ein anderes Beispiel zu geben, auf einem Stabe 12 gleiche Theile aufgetragen, und sollte einer dieser Theile noch in 12 gleiche Theile eingetheilt werden, so müßte die Weite von 11 Theilen aufgetragen und dieselbe in 12 gleiche Theile getheilt werden. Schiebt man jetzt den Stab so weit, daß z. B. der dritte Theilstrich des Nonius völlig mit einem Theilstriche des Stabes zusammenfällt, so wird man leicht einsehen, daß der Inder um $^3/_{12}$ oder um $^1/_4$ eines Theiles der Hauptscale von dem nächsten Theilstriche derselben abstehen müsse. — Dieses

sehr sinnreiche Verfahren, kleinere Theile indirect abzumessen, ist bei Längen- und Winkelmessungen anwendbar, vorausgesetzt, daß das, den Nonius enthaltende, verschiebbare Stück bei erstern sich als eine gerade Linie, bei letztern aber als ein Kreisbogen an die Hauptscale gleicher Form anschließe.

§. 87. Der **Bogen-** oder **Kreisnonius** steht gemeiniglich mit dem Fernrohre des Winkelmessers in einer solchen Verbindung, daß derjenige Radius des Gradbogens, welchen man sich durch den Nullpunkt des Nonius hindurch gezogen denkt, hinsichtlich der Richtung mit der Richtung der Axe des Fernrohrs, folglich mit der Visirlinie genau übereinstimmt. Hat man nun z. B. einen von 10 zu 10 Minuten eingetheilten Gradbogen, so wird, um mittelst des Nonius noch einzelne Minuten ablesen zu können, der Nonius mit seinen beiden Endpunkten 9 Intervalle des Gradbogens umfassen und in 10 gleiche Theile abgetheilt werden müssen. Die Ablesung selbst geschieht dann so: Man merke sich die Grade und Zehner von Minuten, die vom Nullpunkte des Nonius abgeschnitten werden, und füge zu ihnen, um den wahren Winkel zu erhalten, noch 1, 2, 3, u. s. w. Minuten hinzu, je nachdem der 1., 2., 3. u. s. w. der nächstfolgenden Theilstriche des Nonius mit einem Theilstriche des Limbus zusammenfällt. Übrigens muß man bei der Beurtheilung, welcher Nonius-Theilstrich mit einem Theilstriche der Hauptscale zusammenfalle, das Auge senkrecht über den beiden Theilungen haben und die coincidirenden Striche mit dem rechts und links zunächststehenden Nonius-Theilstrich genau vergleichen.

§. 88. Weit größere Genauigkeit als das Loth und jede Art von Setzwaage gewährt das Niveau mit der Luftblase (Niveau à bulle d'air) oder die eigentliche

Libelle (Wasserwaage). Es giebt zwei Arten derselben, dosenförmige und cylinderförmige Libellen. Die Beschreibung der erstern Art kann hier um so eher übergangen werden, da dieselbe fast gar nicht mehr bei astronomischen Beobachtungen, dagegen beim Feldmessen sehr häufig angewandt wird.

Die cylinderförmige Libelle ist die zweckmäßigste aller Wasserwaagen. Sie besteht aus einer Messingröhre, welche an dem einen Ende sich in einem Charniere auf und nieder bewegen läßt. Dieses Auf- und Niederbewegen geschieht sehr sanft durch eine Schraube, die, dem erwähnten Charnier gegenüber, am andern Ende der Messingröhre angebracht ist. In der Messingröhre befindet sich eine cylindrische Glasröhre, die oben, wo die messingene Hülse etwas durchbrochen ist, offen liegt, damit man die, in der mit Spiritus angefüllten Glasröhre befindliche, Luftblase wahrzunehmen im Stande ist. Oben, mitten über der Öffnung der Messingröhre, ist eine Scale angebracht, die eine willkürliche Anzahl beliebig großer, doch gleicher Theile enthält, welche von der Mitte aus zu beiden Seiten fort nummerirt sind. Diese Scale dient, bequem und genau zu beurtheilen, wie weit die Luftblase von der Mitte noch abstehe. Endlich ruhet das Ganze auf einem Lineale von Messing, dessen untere Fläche völlig eben und mit der messingenen Hülse, worin die Glasröhre steckt, parallel sein muß. Die Länge der Cylinderlibellen ist zwar, verschiedener Zwecke wegen, ebenfalls verschieden; sie darf aber in allen Fällen, wo große Genauigkeit verlangt wird, nicht unter $^2/_3$ Fuß sein.

§. 89. Eine Libelle muß justirt sein, bevor man sie in Gebrauch nehmen kann. Es muß nämlich erforscht werden, ob der Nullpunkt der Scale, und mit ihm also auch die ganze Theilung, in Bezug auf die Luftblase am

rechten Orte stehet. Man schraube daher die Ebene, auf welche die Libelle gesetzt worden, so lange auf und ab, bis die Luftblase in die Mitte gelangt ist, wende alsdann die Libelle um, so daß ihr erst rechts gewesenes Ende jetzt das linke Ende wird und sehe nach, ob die Luftblase wieder in die Mitte der Theilung sich einspielt. Geschieht nun dieß, so ist die Libelle bereits justirt oder richtig. Sollte es jedoch nicht der Fall sein, so muß man nicht bloß die Neigung der Ebene, auf welche die Libelle gesetzt worden, um die halbe gefundene Differenz der Theilstriche verändern, sondern auch zugleich die Libelle selbst mittelst der bereits oben erwähnten Schraube nach Erforderniß mehr erhöhen oder erniedrigen, bis endlich die Luftblase in beiderlei Stellung der Libelle in der Mitte der Scale stehen bleibt.

§. 90. Wenn man die Libelle von ihrem Gestelle befreit und an den beiden Enden ihrer messingenen Hülse zwei hakenförmige Ansätze fest anbringt; so erhält man dann eine Hängelibelle. Diese dient, indem man sie an die horizontale Drehungsaxe eines Instruments oder an ein Fernrohr anhängt, die Horizontalität der Drehungsaxe oder des Fernrohrs herzustellen. Mit einer solchen Hängelibelle ist aber die Untersuchung etwas umständlicher, weil beide Aufhängungspunkte genau in einer horizontalen Linie liegen müssen. Es wird nämlich, sobald die Libelle an das Fernrohr angehängt worden ist, das Fernrohr so weit gedreht, bis sich die Luftblase in die Mitte eingespielt hat und dann die Libelle in der entgegengesetzten Richtung aufgehangen. Ist nun das Fernrohr unverrückt geblieben und steht die Luftblase wieder genau in der Mitte, so ist die Scale richtig getheilt. Sollte aber dem nicht so sein, so bewege man jetzt das Fernrohr so lange, bis die Luftblase mitten unter den

Nullpunkt kommt. Es wird nunmehr die halbe Anzahl der bei der Drehung des Fernrohrs durchlaufenen Grade die Größe des Fehlers angeben.

Befindet sich an dem Instrument, an welches das Fernrohr angebracht ist, keine bis auf Sekunden gehende Theilung, so muß man folgendes Verfahren einschlagen. Das Fernrohr wird nach einem entfernten Gegenstand gerichtet und die Höhe desselben in jeder der beiden Lagen der Hängelibelle notirt. Dann ist der Unterschied dieser Höhen das, bei bekannter Entfernung des Gegenstandes geltende, Maaß des Winkels. Es versteht sich übrigens von selbst, daß die Haken der Libelle bei deren jedesmaligen Anhängen stets genau an dieselben Stellen kommen müssen, und daß die Prüfung wiederholt werden muß, sobald sich die Temperatur stark geändert hat, da eine starke Temperaturänderung offenbar Einfluß auf die Größe der Luftblase äußert.

Achtzehntes Kapitel.

Von den Fernröhren.

§. 91. Zu den in den Paragraphen, 62—64 gegebenen, allgemeinen Andeutungen über das Fernrohr überhaupt müssen wir noch Mehreres, was dort, um den Zusammenhang nicht zu sehr zu stören, nicht wohl mit angeführt werden konnte, hier mittheilen.

Unter einem Fernrohr oder Refractor versteht man dasjenige dioptrische Werkzeug, welches aus Gläsern allein zusammengesetzt, entfernte Gegenstände näher, vergrößert und heller dem durch das Fernrohr sehenden Auge sich darstellt.

(Die Spiegelteleskope sind in jetziger Zeit nur

noch selten im Gebrauch; dieselben lassen sich nicht wie die eigentlichen Fernröhre an den Meßwerkzeugen bequem und sicher anbringen, und eignen sich daher nur zu physisch-astronomischen Beobachtungen.)

Das sogenannte galiläische Fernrohr, aus einem erhabenen Objectivglase und einem hohlen Ocularglase bestehend, ist nicht mehr im Gebrauch. Jetzt bedient man sich zu astronomischen Beobachtungen des astronomischen (coelestischen), und zu Beobachtungen auf der Erde des terrestrischen (Erd-)Fernrohrs, welches aus einem converen Objectivglase und drei converen Ocularglasern zusammengesetzt ist.

Ein Doppel-Objectivglas ist entweder ein achromatisches oder ein aplanatisches Objectivglas.

§. 92. Bei jedem Fernrohre kommen folgende wichtige Fragen vor.: 1) Wie stark ist die Vergrößerung, oder in welchem Verhältnisse steht der Sehewinkel mittelst des Fernrohrs zu dem Sehewinkel des mit bloßen Augen wahrgenommenen Gegenstandes; 2) Wie groß ist das Gesichtsfeld oder der Raum, welchen man durch das Fernrohr übersieht; 3) welche Lichtstärke gewährt das Fernrohr, oder mit welchem Glanze erscheint der Gegenstand im Fernrohr; 4) welchen Grad der Deutlichkeit besitzt das Bild des Gegenstandes im Fernrohre.

Was erstlich die Vergrößerung anbelangt, so kann man dieselbe recht gut kennen lernen durch eine Beobachtung mit beiden Augen, indem das eine Auge den Gegenstand durch das Fernrohr besieht, während das andere frei auf eben denselben gerichtet ist. Sehen nun beide Augen gleichgut, so erblickt man dann den vergrößert gesehenen Gegenstand vor dem schwebenden, der in seiner natürlichen Größe erscheint, und sobald der Gegenstand ein solcher ist, wie z. B. Dachziegel, so läßt sich wahr-

nehmen, wie viele unvergrößerte Ziegel von vergrößert gesehenen verdeckt werden. Diese Vergleichung giebt alsdann die gesuchte Vergrößerung, freilich nicht sehr genau, sobald das Fernrohr stärker als 30mal vergrößert.

Da bei stark vergrößernden Fernröhren das Gesichtsfeld sehr klein ist, so hält es schwierig, einen verlangten Gegenstand am Himmel aufzufinden. Um daher sich die Mühe des Suchens zu erleichtern, bringt man auf dem Fernrohre selbst, diesem parallel, den sogenannten Sucher (Trouveur) an. Dieses ist ein kleines Fernrohr, das ein großes Gesichtsfeld hat, und hinreichende Lichtstärke bei nur mäßiger Vergrößerung besitzen muß. Ist der Sucher an dem großen Fernrohr richtig befestigt, so muß man, wenn mitten in dem Gesichtsfelde des Suchers der verlangte Gegenstand sich befindet, alsdann mitten in dem Gesichtsfelde des großen Fernrohrs ebenfalls diesen Gegenstand wahrnehmen. Die Mitte des Sehfeldes im Sucher wird daher durch ein einfaches Fadenkreuz (Fig. 4) angegeben. Übrigens wird man, sollen Gegenstände aufgesucht werden, die für den Sucher zu klein oder zu lichtschwach sind, wohl thun, stets einige benachbarte Gegenstände zu wählen, die man im Sucher deutlich sieht. Man kann nun mit deren Hilfe den Punkt, wo jener Gegenstand stehen soll, sicher in die Mitte des großen Fernrohrs bringen.

Was zweitens das Gesichtsfeld betrifft, so wird es nach dem Sehewinkel bestimmt. Es drückt mithin der, in Graden und Minuten angegebene, Halbmesser des Sehefeldes die Größe des auf einmal zu überblickenden Raumes aus. Man erhält die Größe des Gesichtsfeldes am besten auf folgende Weise. Es wird ein, im Äquator stehender, Stern während seiner Culminationszeit durch das Fernrohr beobachtet. Die Zeit nun, welche

der Stern gebraucht hat, mitten durch das Gesichtsfeld des Fernrohrs hindurch zu gehen, giebt, in Grade, Minuten und Sekunden verwandelt, den Durchmesser des Gesichtsfeldes. Um aber die Verwandlung der Zeit in Bogen nicht mittelst der Proportion

24 Stund. : 360 Grad = n Stund. : x Grad

selbst ausführen zu brauchen, was, zumal wenn diese Berechnung öfters zu machen sein sollte, zu beschwerlich sein würde; so hat man eine Tafel (Tafel IX.) entworfen, die zu einer sehr bequemen Verwandlung der Zeit in Bogen dient und die auch noch zu andern Absichten sehr häufig mit großem Vortheil gebraucht werden kann. Ihr Gebrauch wird am besten durch ein paar Beispiele zu erläutern sein.

1) Es sei für einen Stern die Durchgangszeit mitten durch das Gesichtsfeld eines Fernrohrs zu 0 Stunden 14 Min. 3,4 Sek. gefunden worden; so hat man aus der IX. Tafel:

für 14 Min.	3°	30′	
3 Sek.	0		45″,0
0,4 Sek.			6 ,0
Summe =	3°	30′	51″,0

also beträgt der Durchmesser des Gesichtsfeldes in Bogen:

3° 30′ 51″.

2) Es betrage die in Zeit ausgedrückte Rectascension eines Sterns 16 St. 14′ 47″,9. Man hat zufolge der IX. Tafel:

für 16 Stund.	240°		
14 Min.	3	30′	
47 Sek.		11	45″,0
0,9 Sek.			13,5
Summe =	243°	41′	58″,5.

Es beträgt folglich die Rectascension in Bogen:

243° 41′ 58″,5.

Was drittens die Lichtstärke eines Fernrohrs anbelangt, so muß dieselbe natürlich größer sein, als die Beleuchtung des betrachteten Gegenstandes selbst. Nimmt man nämlich die Intensität des Lichts beim Eintritt in das Fernrohr zur Einheit an, so wird diese Intensität, d. h. die Lichtstärke oder Helligkeit des Fernrohrs, beim Austritt aus diesem, d. h. beim Eintritt in das Auge, gleich dem Quotienten sein, den man erhält, wenn man mit dem Quadrat des Halbmessers des Ocularglases in das Quadrat des Halbmessers des Objectivglases dividirt. Übrigens ist klar, daß größere Objectivgläser vortheilhafter als kleinere sein müssen.

Was endlich den Grad der Deutlichkeit betrifft, so muß bei den nichtachromatischen Fernröhren vorzüglich die Größe der Öffnung (Apertur) des Objectivglases berücksichtigt werden. Es müssen überhaupt, einem sehr wichtigen Satze aus der Optik zufolge, die Brennweite des Oculars, so wie die Apertur der Vergrößerung proportional, und beide auch der Quadratwurzel aus der Brennweite des Objectivglases proportional sein.

§. 93. Sowohl das astronomische als auch das terrestrische Fernrohr können entweder ein gemeines oder ein achromatisches Fernrohr sein. Ein gemeines Fernrohr hat nur ein einfaches, ein achromatisches dagegen ein doppeltes Objectivglas. Die achromatischen Fernröhre besitzen bei gleicher Länge und bei gleichen Durchmessern der Gläser stärkere Vergrößerungen, so wie ungemein mehr Helligkeit und Deutlichkeit als die gemeinen Fernröhre, welche wesentliche Vorzüge aus der eigenthümlichen Construction der achromatischen Objective entspringen. Indessen sind in neuern Zeiten noch zwei andere Arten

von Fernröhren erfunden und ausgeführt worden, nämlich das aplanatische und das dialytische Fernrohr, jenes von Blair dem Ältern und dieses von Littrow angegeben. — Ein aplanatisches Fernrohr ist ein solches, wo statt einer der Glaslinsen des Objectivs eine zwischen Gläsern eingeschlossene Flüssigkeit angewandt ist. Blair der Sohn, namentlich aber Barlow, schließen zwischen zwei richtig geschliffene Spiegelgläßer Schwefelkohlenstoff oder Schwefelalkohol (Sulphuret of carbon) ein und stellen diese corrigirende Linse beträchtlich weit von der vordern Spiegelglaslinse auf, wodurch sie, wegen der hier schon in einen sehr engen Raum gesammelten Strahlen, den Vortheil erlangen, daß diese Linse viel kleiner als die Apertur des Objectivglases zu sein braucht. Diese aplanatischen Fernröhre haben nun zwar noch manche Mängel; namentlich ist die große Flüchtigkeit des Schwefelalkohols ein Hinderniß seiner Anwendung zu optischen Instrumenten. Da man aber, diese Schwierigkeit zu überwinden, Mittel besitzt, so ist wohl nicht zu zweifeln, daß der Schwefelalkohol dennoch eine der wichtigsten Flüssigkeiten für die Construction der Fernröhre ist, die vielleicht erst die Nachwelt ihrem ganzen Werthe nach erkennen wird. — Ein dialytisches Fernrohr ist der Hauptsache nach nur darin von dem achromatischen unterschieden, daß die aus Flintglas geschliffene hohle Linse des Objectivs, entfernt von der aus Crownglas geschliffenen convexen Linse des Objectivs, fast mitten zwischen dieser letztern und dem nächsten Ocular angebracht wird. Hierdurch wird der große Vortheil erlangt, daß die concave Flintglas-Linse nicht mehr eben so groß, sondern viel kleiner als die Crownglas-Linse zu sein braucht. Ein zweiter, sehr wichtiger Vortheil ist hierbei der, daß man die mehrerwähnte concave Linse mittelst einer Schraubenvor-

richtung in jede feinste Stellung gegen das Objectiv und Ocular bringen und somit die beste Deutlichkeit der Bilder erzeugen kann. Plößl in Wien verfertigt solche dialytische Fernröhre von sehr anerkannter Güte. — Die Folgezeit wird erst entscheiden können, welche von den drei Arten, den achromatischen, aplanatischen und dialytischen Fernröhren, sich den Vorzug vor den beiden übrigen für immer sichern wird.

§. 94. Die Aufstellung der Fernröhre muß, wegen verschiedener Zwecke, natürlich ebenfalls verschieden sein und daher bei jedem Instrumente besonders angegeben werden. Indessen gehören hierher allerdings einige Bemerkungen über die Aufstellungen, die da passend sind, wo man das Fernrohr auch nur als ein solches gebrauchen will. Um einen bequemen Gebrauch zu erhalten, ist es am besten, das Fernrohr auf einem dreibeinigen Stativ anzubringen. Will man ein Fernrohr nicht zu ganz genauen Beobachtungen benutzen, wie es z. B. auf Reisen der Fall ist, so nimmt man ein Gewinde, oben mit einer Rinne, auf die das Fernrohr aufgelegt festgebunden wird, und unten mit einem Zapfen versehen, der in dem Loche einer Schraubenzwinge sich herumdrehen läßt. Die Schraubenzwinge selbst läßt sich alsdann an einem Fenster, Baum, Pfahl, u. s. w. anbringen. Will man jedoch das Fernrohr zu genauen Observationen benutzen, so bedarf dasselbe, um besonders einen Stern, den man einmal im Gesichtsfelde des Fernrohrs hat, stetig zu erfolgen, einer doppelten feinen Bewegung bei übrigens vollkommen ruhiger Lage des Stativs, auf dem das Fernrohr angebracht ist. Letzteres muß nämlich um eine senkrechte Axe gedreht und dann festgestellt werden können, was mittelst einer Schraube ohne Ende geschieht, welche in Zähne eingreift, die auf dem Rande einer ho-

rizontal liegenden Schraube, an welche das Fernrohr befestigt ist, eingeschnitten sind. Dieß ist die erste feine Bewegung. Dann muß zugleich auch der, auf der senkrechten Axe ruhende, Theil der Unterstützung des Fernrohrs mit einer Horizontalaxe versehen sein, sonst könnte sich das Fernrohr nicht in jede beliebige Neigung gegen die Horizontalebene bringen lassen. Hierbei kann man sich einer zweiten feinen Bewegungsart, wie die vorhin beschriebene, bedienen. — Auf diese Art ist es möglich, die jedesmal erforderliche richtige Stellung des Fernrohrs völlig zu erreichen.

Wenn ein mit einem Fernrohre versehenes Instrument für immer an einem Orte verbleibt, so giebt man der vorhin erwähnten senkrechten Axe lieber eine mit der Weltaxe parallele Stellung. Man nennt dann das so eingerichtete Stativ eine parallaktische Maschine. Dann ist eine um diese schräge Axe gehende Drehung übereinstimmend mit der täglichen Bewegung der Fixsterne, und um einen, einmal mitten im Fernrohre der parallaktischen Maschine befindlichen, Stern in der Mitte des Gesichtsfeldes zu behalten, ist bloß eine Fortbewegung des Fernrohrs um die mehrerwähnte Axe nöthig. Endlich dient die Fortbewegung um die zweite Axe zur Auffindung derjenigen Fixsterne, welche dieselbe Declination oder Abweichung wie jener Stern haben.

§. 95. Zur Vermeidung des Fortschraubens der Fernröhre, welches niemals mit der bloßen Hand so gleichförmig geschehen kann, daß ein Stern stets mitten im Gesichtsfelde bleibt, hat man in neuester Zeit ein Uhrwerk an dem Stativ angebracht. Durch ein solches Uhrwerk wird das Fernrohr binnen 24 Stunden um jene der Weltaxe parallele Axe einmal herum geführt und somit die Stelle jener fortschraubenden Bewegung weit vollkom-

mener ersetzt. Bei den großen Frauenhoferschen Refractoren ist das Uhrwerk zwar nicht auf einen ununterbrochenen 24stündigen Gang eingerichtet, besitzt jedoch eine solche Vollkommenheit, daß der Stern stets wie anbefestigt im Gesichtsfelde des Fernrohrs erscheint. Hieraus entsteht der sehr große und wichtige Vortheil, daß die Beobachtungen durch keine zitternde Bewegung gestört werden. Das Uhrwerk läßt sich leicht außer Verbindung mit der Axe, um die sich das Fernrohr bewegt, setzen, und dann hat man es in seiner Gewalt, dem Fernrohre jede beliebige Stellung durch freies Drehen mit der Hand zu verschaffen. Wenn hierauf das Fernrohr wieder in Verbindung mit dem Uhrwerk gesetzt wird, so treibt das letztere, sobald man sein Gewicht frei läßt, das Fernrohr auf's Neue sanft fort. Denn jenes Gewicht ist so gewählt, daß es allen gegenüberstehenden Theilen und selbst der Reibung das Gleichgewicht so hält, daß die geringste Vergrößerung des Gewichts auch eine andere Bewegung des Fernrohrs erzeugen würde. Das Räderwerk, deren Verbindung als Vorlage das Fernrohr in Bewegung setzt, wenn das Gewicht zu sinken beginnt, kann hier zwar nicht beschrieben werden, doch ist leicht einzusehen, daß ein geringes, dem Hauptgewichte zugelegtes, Übergewicht die bereits vollkommen äquilibrirte Maschine sofort in Gang zu setzen vermag. Dieser Gang würde übrigens in einen beschleunigten übergehen, sobald das Gewicht ohne ein neues Hinderniß frei herabsinken könnte. Es hat mithin die ganze Vorrichtung einen sogenannten Regulator nöthig, der durch folgende Einrichtung besteht. Mit dem Uhrwerke wird in schnellen Umschwung eine Unruhe gesetzt, die an einer elastischen Feder zwei schwere Metallmassen trägt. Diese Unruhe nun ist in einem Gefäße so angebracht, daß während der Ruhe die Metall-

massen das Gefäß nicht berühren, dagegen während der Bewegung sich vermöge der Schwungkraft an die Wände des Gefäßes andrängen und sich folglich desto mehr an diesen Wänden reiben werden, je schneller die Bewegung werden will. Durch diese Reibung wird eine Behinderung in der sich beschleunigenden Bewegung, sobald diese letztere einen gewissen Grad erreicht, erzeugt. Durch eine kleine Verbesserung in der Stellung der vorhin erwähnten Metallmassen vermag man es dahin zu bringen, daß die Beschleunigung bei einem höhern oder niedern Grade von Geschwindigkeit sofort aufhört. Auf diese Weise ist es also immer leicht, die gleichförmige, durch das Uhrwerk hervorgebrachte, Bewegung des Fernrohrs so zu erlangen, wie man sie wünscht. Nach des berühmten Astronomen Struve's Versicherung soll diese ganze, von Fraunhofer angegebene, Einrichtung ihrem Zweck ganz vollkommen entsprechen.

Neunzehntes Kapitel.

Von dem Barometer und Thermometer.

§. 96. Aus der Physik und Astronomie ist bekannt, daß die von den Gestirnen ausgehenden Strahlen, ehe sie in unser Auge gelangen, in der Atmosphäre so gebrochen werden, daß wir die Gestirne in stärkerm oder niederm Grade höher erblicken, als wir sie, ohne diese Brechung der Lichtstrahlen in der Atmosphäre, über dem Horizonte am Himmel erblicken würden. Diese Strahlenbrechung nun ist im Horizonte am größten, nimmt bei zunehmender Höhe mehr und mehr ab und hört im Zenith ganz auf. Außerdem hängt die Größe der Strahlenbrechung (es ist hier stets nur die Rede von der astro-

nomischen Refraction) noch von dem Druck und der Temperatur der Atmosphäre ab. Es ist daher die astronomische Refraction veränderlich, und um die richtige Größe der Refraction bei einem gewissen Zustande der Luft zu erfahren, ist es nothwendig, zu wissen, welcher Druck und welche Temperatur der Luft während der Zeit, da eine astronomische Beobachtung geschah, stattfand. Druck und Temperatur aber werden bekanntlich durch zwei Werkzeuge angezeigt: durch das Barometer und Thermometer. Weil nun die, durch die Strahlenbrechung erzeugte, observirte Höhe eines Gestirns offenbar nur die scheinbare Höhe ist, welche jedesmal auf die wahre Höhe des Gestirns, die kleiner ist, als jene, reducirt werden muß; so darf jedem, der beobachtet, die Einrichtung und der Gebrauch des Barometers und Thermometers durchaus nicht fremd sein.

A) Das Barometer.

§. 97. Alle Arten von Barometern bilden zwei Klassen: Gefäß- und Heberbarometer. Die Astronomen geben gewöhnlich dem Heberbarometer den Vorzug, weil es sich besonders leicht und ohne Schaden transportiren läßt, wenn man es auf folgende Weise verschließt. Es wird ein dünner Fischbeinstab von der Länge des kürzern Schenkels des Barometers genommen, und um sein unteres Ende etwas Federharz gelegt. Dieses Federharz muß, um ein zu starkes Ankleben zu vermeiden, mit Seide umwickelt sein. Am obern Ende des Fischbeinstabes wird ein, für die Weite der Barometerröhre geeigneter, Wischer von Baumwolle angebracht, hierauf das obere Ende des Schenkels mit einer Fassung und einem aufzuschraubenden Deckel versehen, und der nun so herabgedrückte Fischbeinstab festgeschraubt. — Diese Vorrichtung dient

übrigens noch dazu, den kürzern Barometerschenkel öfters von Feuchtigkeit und Schmutz zu reinigen.

§. 98. Um ein sehr gutes Barometer zu erhalten, müssen vorzüglich die Glasröhre, das Quecksilber und die Scale des Barometers berücksichtigt werden. Was erstens die Röhre anbelangt, so darf diese hinsichtlich ihres Glases nicht stärker als etwa $1/_5$ Linie und nur $1^1/_2$ bis 3 Linien weit sein. Bei den Heberbarometern müssen beide Schenkel innerhalb der Länge, bis wohin die Beobachtungen reichen, gleichweit sein. Was zweitens das Quecksilber betrifft, so muß es von Schmutz befreit und mittelst des sogenannnten Auskochens des Barometers luftleer und trocken gemacht worden sein. Um aber zu erfahren, ob eine Barometerröhre gut ausgekocht worden ist, muß man untersuchen, ob das Quecksilber in derselben überall gleichförmig hängen bleibt. Freilich gehört dann auch nicht selten eine starke Erschütterung dazu, bis das Quecksilber so weit herunter fällt, als es der jedesmalige Barometerstand erfordert. Was endlich die Scale anbelangt, so ist vorzüglich darauf zu achten, daß sie kein gemeines, sondern vielmehr ein hinreichend geprüftes Normalmaaß enthält. Meistens ist der altfranzösische Fuß und der Meter gebräuchlich. Erstern findet man gewöhnlich in Zwölftellinien eingetheilt, deren Zehntel mittelst des Nonius abgelesen werden. Das andere Maaß ist feiner, in Millimetern aufgetragen, deren Zehntel gleichfalls mittelst des Nonius abgelesen werden. Die folgende Tafel dient zur bequemen Reduction der Barometerhöhen von Millimetern auf Linien und umgekehrt.

Mill.	Par. Lin.	Mill.	Par. Lin.	Mill.	Par. Lin.	Mill.	Par. Lin.
540	239.380	580	257.111	620	274.843	660	292.575
541	239.823	581	257.555	621	275.286	661	293.018
542	240.266	582	257.998	622	275.730	662	293.462
543	240.709	583	258.441	623	276.173	663	293.905
544	241.153	584	258.884	624	276.616	664	294.348
545	241.596	585	259.328	625	277.060	665	294.791
546	242.039	586	259.771	626	277.503	666	295.235
547	242.483	587	260.214	627	277.946	667	295.678
548	242.926	588	260.658	628	278.390	668	296.121
549	243.369	589	261.101	629	278.833	669	296.565
550	243.812	590	261.544	630	279.276	670	297.008
551	244.259	591	261.988	631	279 719	671	297.451
552	244.699	592	262.431	632	280.163	672	297.895
553	245.142	593	262.874	633	280.606	673	298.338
554	245.586	594	263.317	634	281.049	674	298.781
555	246.029	595	263.761	635	281.493	675	299.224
556	246.472	596	264.204	636	281.936	676	299.668
557	246.916	597	264.647	637	282.379	677	300.111
558	247.359	598	265.091	638	282.822	678	300.554
559	247.802	599	265.531	639	283.266	679	300.998
560	248.245	600	265.977	640	283.709	680	301.441
561	248.689	601	266.421	641	284.152	681	301.884
562	249.132	602	266.864	642	284.596	682	302.328
563	249.575	603	667.307	643	285.039	683	302.771
564	250.019	604	267.750	644	285.482	684	303.214
565	250.462	605	268.194	645	285.926	685	303.657
566	250.905	606	268.637	646	286.369	686	304.101
567	251.348	607	269.080	647	286.812	687	304.544
568	251.792	608	269.524	648	287.255	688	304.987
569	252.235	609	269.967	649	287.699	689	305.430
570	252.678	610	270.410	650	288.142	690	305.874
571	253 122	611	270.853	651	288.585	691	306.317
572	253.565	612	271.297	652	289.029	692	306.760
573	254.008	613	271.740	653	289.472	693	307.204
574	254.452	614	272.183	654	289.915	694	307.647
575	254.895	615	272.627	655	290.359	695	308.090
576	255.338	616	273.070	656	290.802	696	308.534
577	255.781	617	273.513	657	291.245	697	308.977
578	256.225	618	273.957	658	291.688	698	309.420
579	256.668	619	274.400	659	292.132	699	309.864

Mill.	Par. Lin.	Mill.	Par. Lin.	Mill.	Par. Lin.	Mill.	Par. Lin.
700	310.307	723	320.503	746	330.698	769	340.894
701	310.750	724	320.946	747	331.142	770	341.337
702	311.193	725	321.389	748	331.585	771	341.781
703	311.637	726	321.833	749	332.028	772	342.224
704	312.080	727	322.276	750	332.472	773	342.667
705	312.523	728	322.719	751	332.915	774	343.111
706	312.967	729	323.162	752	333.358	775	343.554
707	313.410	730	323.606	753	333.801	776	343.997
708	313.853	731	324.049	754	334.245	777	344.441
709	314.297	732	324.492	755	334.688	778	344.884
710	314.740	733	324.936	756	335.131	779	345.327
711	315.183	734	325.379	757	335.575	780	345.770
712	315.626	735	325.822	758	336.018	781	346.214
713	316.070	736	326.265	759	336.461	782	346.657
714	316.513	737	326.709	760	336.905	783	347.100
715	316.956	738	327.152	761	337.348	784	347.543
716	317.400	739	327.595	762	337.791	785	347.987
717	317.843	740	328.039	763	338.234	786	348.430
718	318.286	741	328.482	764	338.678	787	348.873
719	318.729	742	328.925	765	339.121	788	349.317
720	319.173	743	329.369	766	339.564	789	349.760
721	319.616	744	329.812	767	340.008		
722	320.059	745	330.255	768	340.451		

Ferner ist es bei dem Heberbarometer am zweckmäßigsten, den Nullpunkt ungefähr in der Mitte des Barometers anzubringen, von hier aus die Eintheilung nach unten und oben gleichmäßig anzubringen, dann an beiden Schenkeln abzulesen und endlich beide erhaltene Längen zu addiren, um auf diese Weise die gesuchte Barometerhöhe ganz genau zu erhalten. Es versteht sich übrigens hierbei von selbst, daß die Scale auf Messing aufgetragen und ein Nonius angebracht ist, um mittelst desselben auch die kleinen Theile der Scale sicher ablesen zu können.

§. 99. Noch kommt auf die Art und Weise, wie man ein Barometer überhaupt beobachtet, sehr viel an. Zuerst ist darauf zu sehen, daß das Barometer senkrecht

hänge, was entweder mittelst seiner Einrichtung von selbst geschieht, oder absichtlich bewirkt und durch ein Loth controllirt werden muß. Ist dann die Quecksilbersäule nach etlichen Schwankungen ruhig geworden, so lese man nach ihrer obern Wölbung die Scale ab. Auch findet man es für gut, das Barometer erst öfters mit der Hand zu erschüttern, damit die Quecksilbersäule durch, nach und nach abnehmende, Schwankungen ihre wahre Höhe erlangt.

B) Das Thermometer.

§. 100. Ein Thermometer ist zwar ein ziemlich allgemein bekanntes Werkzeug zur Bestimmung der Temperatur, doch werden einige Bemerkungen hier um so weniger überflüssig sein, als sich hiernach die Güte eines Thermometers leichter beurtheilen läßt.

Was die Thermometerröhre selbst betrifft, so darf sie höchstens $^1/_4$ Linie Weite im Lichten haben; die Länge ist zwar beliebig, jedoch geht man für den gewöhnlichen Gebrauch nicht über 9 Zoll hinaus. Auch darf keine zu große Kugel angeblasen sein, weil sonst das Thermometer nicht empfindlich genug sein würde. An den Thermometern müssen, damit sie denselben Temperaturgang angeben, die beiden sogenannten festen Punkte, der Eis- und Siedpunkt, sorgfältig bestimmt sein, weil sonst die ganze Scale nichts taugen würde. In frühern Zeiten gebrauchte man die Fahrenheit'sche Scale; jetzt sind nur die Reaumur'sche (80theilige) und die Celsius'sche (100theilige) Scale die gebräuchlichsten. Beide Scalen haben den Nullgrad an dem Eispunkte, und zählen die Wärmegrade nach oben hinauf, die Kältegrade aber nach unten herab.

§. 101. Zur Reduction der Grade einer dieser bei-

den Scalen auf die Grade der andern dienen die beiden Gleichungen

$$R = \frac{4}{5} C$$
$$C = \frac{5}{4} R,$$

wo R und C resp. Reaumur'sche und Centesimalgrade bedeuten. Bisweilen findet man, um dieser Berechnungen ganz überhoben zu sein, an den Thermometern beide Scalen unmittelbar neben einander verzeichnet, oder man hat Tabellen zur bequemern Verwandlung der Grade der einen Scale in die Grade der andern Scale entworfen. Wir geben hier zwei Tafeln, die eine, welche Reaumur'sche Grade in Celsius'sche, die andere, welche diese Grade in jene verwandelt angiebt; die — Zeichen deuten Kältegrade und die + Zeichen Wärmegrade an.

R.	C.	R.	C.	R.	C.
— 30°	— 37°.5	— 20°	— 25°.0	— 10°	— 12°.5
— 29	— 36 .2	— 19	— 23 .7	— 9	— 11 .2
— 28	— 35 .0	— 18	— 22 .5	— 8	— 10 .0
— 27	— 33 .7	— 17	— 21 .2	— 7	— 8 .7
— 26	— 32 .5	— 16	— 20 .0	— 6	— 7 .5
— 25	— 31 .2	— 15	— 18 .7	— 5	— 6 .2
— 24	— 30 .0	— 14	— 17 .5	— 4	— 5 .0
— 23	— 28 .7	— 13	— 16 .2	— 3	— 3 .7
— 22	— 27 .5	— 12	— 15 .0	— 2	— 2 .5
— 21	— 26 .2	— 11	— 13 .7	— 1	— 1 .2

R.	C.	R.	C.	R.	C.
0°	0°	+ 10°	+ 12°.5	+ 20°	+ 25°.0
+ 1	+ 1 .2	+ 11	+ 13 .7	+ 21	+ 26 .2
+ 2	+ 2 .5	+ 12	+ 15 .0	+ 22	+ 27 .5
+ 3	+ 3 .7	+ 13	+ 16 .2	+ 23	+ 28 .7
+ 4	+ 5 .0	+ 14	+ 17 .5	+ 24	+ 30 .0
+ 5	+ 6 .2	+ 15	+ 18 .2	+ 25	+ 31 .2
+ 6	+ 7 .5	+ 16	+ 20 .0	+ 26	+ 32 .5
+ 7	+ 8 .7	+ 17	+ 21 .2	+ 27	+ 33 .7
+ 8	+ 10 .0	+ 18	+ 22 .5	+ 28	+ 35 .0
+ 9	+ 11 .2	+ 19	+ 23 .7	+ 29	+ 36 .2

R.	C.	R.	C.	R.	C.
+ 30°	+ 37°.5	+ 50°	+ 62°.5	+ 70°	+ 87°.5
+ 31	+ 38 .7	+ 51	+ 63 .7	+ 71	+ 88 .7
+ 32	+ 40 .0	+ 52	+ 65 .0	+ 72	+ 90 .0
+ 33	+ 41 .2	+ 53	+ 66 .2	+ 73	+ 91 .2
+ 34	+ 42 .5	+ 54	+ 67 .5	+ 74	+ 92 .5
+ 35	+ 43 .7	+ 55	+ 68 .7	+ 75	+ 93 .7
+ 36	+ 45 .0	+ 56	+ 70 .0	+ 76	+ 95 .0
+ 37	+ 46 .2	+ 57	+ 71 .2	+ 77	+ 96 .2
+ 38	+ 47 .5	+ 58	+ 72 .5	+ 78	+ 97 .5
+ 39	+ 48 .7	+ 59	+ 73 .7	+ 79	+ 98 .7
+ 40	+ 50 .0	+ 60	+ 75 .0	+ 80	+ 100 .0
+ 41	+ 51 .2	+ 61	+ 76 .2		
+ 42	+ 52 .5	+ 62	+ 77 .5		
+ 43	+ 53 .7	+ 63	+ 78 .7		
+ 44	+ 55 .0	+ 64	+ 80 .0		
+ 45	+ 56 .2	+ 65	+ 81 .2		
+ 46	+ 57 .5	+ 66	+ 82 .5		
+ 47	+ 58 .7	+ 67	+ 83 .7		
+ 48	+ 60 .0	+ 68	+ 85 .0		
+ 49	+ 61 .2	+ 69	+ 86 .2		

C.	R.	C.	R.	C.	R.
— 40°	— 32°.0	— 30°	— 24°.0	— 20°	— 16°.0
— 39	— 31 .2	— 29	— 23 .2	— 19	— 15 .2
— 38	— 30 .4	— 28	— 22 .4	— 18	— 14 .4
— 37	— 29 .6	— 27	— 21 .6	— 17	— 13 .6
— 36	— 28 .8	— 26	— 20 .8	— 16	— 12 .8
— 35	— 28 .0	— 25	— 20 .0	— 15	— 12 .0
— 34	— 27 .2	— 24	— 19 .2	— 14	— 11 .2
— 33	— 26 .4	— 23	— 18 .4	— 13	— 10 .4
— 32	— 25 .6	— 22	— 17 .6	— 12	— 9 .6
— 31	— 24 .8	— 21	— 16 .8	— 11	— 8 .8

C.	R.	C.	R.	C.	R.
— 10°	— 8°.0	— 5°	— 4°.0	0°	0°.
— 9	— 7 .2	— 4	— 3 .2	+ 1	+ 0 .8
— 8	— 6 .4	— 3	— 2 .4	+ 2	+ 1 .6
— 7	— 5 .6	— 2	— 1 .6	+ 3	+ 2 .4
— 6	— 4 .8	— 1	— 0 .8	+ 4	+ 3 .2

C.	R.	C.	R.	C.	R.
+ 5°	+ 4°.0	+ 40°	+ 32°.0	+ 75°	+ 60°.0
+ 6	+ 4 .8	+ 41	+ 32 .8	+ 76	+ 60 .8
+ 7	+ 5 .6	+ 42	+ 33 .6	+ 77	+ 61 .6
+ 8	+ 6 .4	+ 43	+ 34 .4	+ 78	+ 62 .4
+ 9	+ 7 .2	+ 44	+ 35 .2	+ 79	+ 63 .2
+ 10	+ 8 .0	+ 45	+ 36 .0	+ 80	+ 64 .0
+ 11	+ 8 .8	+ 46	+ 36 .8	+ 81	+ 64 .8
+ 12	+ 9 .6	+ 47	+ 37 .6	+ 82	+ 65 .6
+ 13	+ 10 .4	+ 48	+ 38 .4	+ 83	+ 66 .4
+ 14	+ 11 .2	+ 49	+ 39 .2	+ 84	+ 67 .2
+ 15	+ 12 .0	+ 50	+ 40 .0	+ 85	+ 68 .0
+ 16	+ 12 .8	+ 51	+ 40 .8	+ 86	+ 68 .8
+ 17	+ 13 .6	+ 52	+ 41 .6	+ 87	+ 69 .6
+ 18	+ 14 .4	+ 53	+ 42 .4	+ 88	+ 70 .4
+ 19	+ 15 .2	+ 54	+ 43 .2	+ 89	+ 71 .2
+ 20	+ 16 .0	+ 55	+ 44 .0	+ 90	+ 72 .0
+ 21	+ 16 .8	+ 56	+ 44 .8	+ 91	+ 72 .8
+ 22	+ 17 .6	+ 57	+ 45 .6	+ 92	+ 73 .6
+ 23	+ 18 .4	+ 58	+ 46 .4	+ 93	+ 74 .4
+ 24	+ 19 .2	+ 59	+ 47 .2	+ 94	+ 75 .2
+ 25	+ 20 .0	+ 60	+ 48 .0	+ 95	+ 76 .0
+ 26	+ 20 .8	+ 61	+ 48 .8	+ 96	+ 76 .8
+ 27	+ 21 .6	+ 62	+ 49 .6	+ 97	+ 77 .6
+ 28	+ 22 .4	+ 63	+ 50 .4	+ 98	+ 78 .4
+ 29	+ 23 .2	+ 64	+ 51 .2	+ 99	+ 79 .2
+ 30	+ 24 .0	+ 65	+ 52 .0	+ 100	+ 80 .0
+ 31	+ 24 .8	+ 66	+ 52 .8		
+ 32	+ 25 .6	+ 67	+ 53 .6		
+ 33	+ 26 .4	+ 68	+ 54 .4		
+ 34	+ 27 .2	+ 69	+ 55 .2		
+ 35	+ 28 .0	+ 70	+ 56 .0		
+ 36	+ 28 .8	+ 71	+ 56 .8		
+ 37	+ 29 .6	+ 72	+ 57 .6		
+ 38	+ 30 .4	+ 73	+ 58 .4		
+ 39	+ 31 .2	+ 74	+ 59 .2		

§. 102. Ehe wir zeigen, wie die beobachtete scheinbare Höhe eines Gestirns in die wahre Höhe desselben verwandelt werden könne, haben wir noch zu erwähnen, daß man beim Barometer die absolute Höhe der vom Luftdruck getragenen Quecksilbersäule verlangt, welche indessen

von der Temperatur wesentlich modificirt wird. Es muß folglich die observirte Barometerhöhe jedesmal wegen der Temperatur und zwar dergestalt berichtigt werden, als ob das Barometer bei einer gewissen, Normaltemperatur genannten, Temperatur observirt worden wäre. Um dieß zu ermöglichen, ist ein Thermometer dicht an der Glasröhre des Barometers angebracht. Es wird das innere Thermometer genannt und soll die Temperatur des Quecksilbers in der Barometerhöhe anzeigen, während das vom Barometer unabhängige, im Freien befindliche Thermometer das äußere Thermometer heißt. Die astronomischen Refractionstafeln sind übrigens gewöhnlich so construirt, daß die Reduction der beobachteten Barometerhöhen, von der vorhin in Bezug auf die Normaltemperatur die Rede gewesen, nicht erst besonders zu geschehen braucht, wodurch also das ganze Verfahren und der Gebrauch solcher Refractionstafeln nicht wenig erleichtert wird.

Zwanzigstes Kapitel.

Von der Anwendung der astronomischen Refractionstafeln.

§. 103. Die Bessel'schen Refractionstafeln sind bis jetzt die vorzüglichsten. Wir theilen sie in einer etwas vereinfachten Form und Einrichtung, die keiner besondern Erklärung bedarf, in X. Tafel a. bis X. Tafel d. *) mit, und fügen ein, ihre Anwendung erläuterndes, Beispiel hinzu. Der Anwendung dieser Tafeln liegt nämlich folgende Regel zum Grunde.

*) Diese Tafeln setzen voraus, daß die Barometerscale in Pariser Linien und die beiden Thermometerscalen in Centesimalgraden abgetheilt sind.

Man gehe mit der beobachteten Höhe in die X. Tafel a. ein, und schreibe die zugehörigen Werthe von A, B und C aus; die observirten Grade des innern Thermometers geben, in der X. Tafel b. aufgesucht, den Werth von D; ferner gehe man mit der observirten Barometerhöhe in die X. Tafel c. ein und schreibe den zugehörigen Werth von E aus; endlich giebt die beobachtete Anzahl Grade des äußern Thermometers, in der X. Tafel d. aufgesucht, den Werth von F. — Man addire hierauf D und E, multiplicire ihre Summe mit C, addire zum gefundenen Producte A, zu der nunmehr erhaltenen Summe aber das Product, welches entsteht, wenn man B mit F multiplicirt. Zu der so gefundenen Summe wird dann der, aus den trigonometrischen Tafeln entlehnte Logarithmus der Cotangente der beobachteten Höhe des Gestirns addirt, und man hat nun durch die Summe den Logarithmus einer Zahl gefunden, die, in den logarithmischen Tafeln der natürlichen Zahlen aufgesucht, die Anzahl Sekunden giebt, welche der gesuchten Refraction gleich ist. Zieht man also diese berechnete Refraction von der beobachteten scheinbaren Höhe ab, so giebt der Rest die gesuchte wahre Höhe des Gestirns.

Für diejenigen, welche algebraische Formeln zu lesen verstehen, kann man, wenn H die beobachtete scheinbare und $H + H'$ die gesuchte wahre Höhe des Gestirns, also H' die in Sekunden ausgedrückte Refraction bezeichnet, obige Regel ganz kurz durch die Gleichung ausdrücken:

$$H' = C\,(D + E) + A + BF + \log \text{cotang}\, H.$$

Am 13. Juli beobachtete man zu Mailand mit einem Spiegelsextanten

13° 15′ 0″

als die Höhe eines Sterns. Der Barometerstand be-

trug 320,4 Par. Linien, das innere Thermometer zeigte + 25,0° und das äußere Thermometer 31°,2.

Man findet zuerst

mit 13° 15′ 0″ aus X. Tafel a.	1.75252	= A
	1.0243	= B
	1	= C
mit + 25°,0 aus X. Tafel b.	— 0.00175	= D
mit 320,4 Par. Lin. aus X. Taf. c.	— 0.01707	= E
mit 31°,2 aus X. Tafel d.	— 0.03228	= F.

Nun ist zweitens, nach obiger Formel:

$$
\begin{aligned}
D &= -\ 0.00175 \\
E &= -\ 0.01707 \\
\hline
D + E &= -\ 0.01882 \\
& \quad (-\ 0{,}01882) \times (1) \\
\hline
C\,(D + E) &= -\ 0{,}01882 \\
A &= +\ 1.75252 \\
\hline
C\,(D + E) + A &= +\ 1.73370 \\
B &= \quad 1.0243 \\
F &= -\ 0.03228 \\
\hline
& \quad 30729 \\
& \quad\ 20486 \\
& \quad\quad 20486 \\
& \quad\quad\ 81944 \\
\hline
& -\ 0{,}033064404 = BF \\
C\,(D + E) + A &= +\ 1.73370 \\
BF &= -\ 0.03306 \\
\hline
C\,(D + E) + A + BF &= 1.70064 \\
\log \cot H &= 0.62807 \\
\hline
\log H' &= 2.32871 \\
H' &= 213{,}16 \text{ Sek.}
\end{aligned}
$$

Mithin beobachtete Höhe = 13° 15′ 0″.00
Refraction = — 3 33.16

Wahre Höhe des Sterns = 13° 11″, 26″,84

§. 104. Wenn das zu beobachtende Gestirn die Sonne ist und man bedient sich des Spiegelsextanten zur Höhenbestimmung, so wird, da die Sonne keinen bemerk=

baren Mittelpunkt hat, mittelst des erwähnten Instruments gemeiniglich die Berührung der obern Ränder observirt. Dann muß aber, nachdem für die scheinbare Höhe des obern Sonnenrandes die Refraction bestimmt und mittelst derselben die wahre Höhe des obern Sonnenrandes berechnet worden ist, von dieser wahren Höhe noch der Halbmesser der Sonne subtrahirt werden, um sofort die wahre Höhe des Mittelpunkts der Sonne zu erhalten. Da aber wegen der veränderlichen Entfernung der Erde von der Sonne der scheinbare Halbmesser derselben ebenfalls veränderlich ist, so muß man, um dessen Größe für den Beobachtungstag zu erfahren, in den astronomischen Ephemeriden desjenigen Jahres, in welchem die Beobachtung angestellt worden, bei dem Beobachtungstage diesen scheinbaren Sonnenhalbmesser aufsuchen.

Ein Beispiel, das allerdings fingirt worden, wird das ganze Verfahren noch deutlicher machen.

Im Jahre 1843 wurde den 3. Juni mittelst eines Spiegelsextanten die scheinbare Höhe des obern Sonnenrandes

$$50^\circ\ 0'\ 0''$$

gemessen. Der Barometerstand betrug 334,0 Par. Linien, das innere Thermometer stand auf + 20° und das äußere Thermometer zeigte + 27°. Der scheinbare Halbmesser der Sonne beträgt den 3. Juni 1843, zufolge des Berliner astronomischen Jahrbuchs: 15 Min. 46,94 Sek.

Man findet zuerst

mit 50° 0′ 0″ aus X. Tafel a. . .	1.76119 = A
	1 = B
	1 = C
mit + 20° aus X. Tafel b. . .	— 0.00140 = D
mit 334,0 Par. Lin. aus X. Taf. c.	+ 0.00099 = E
mit + 27° aus X. Tafel d. . .	— 0.02627 = F.

Nun hat man zweitens:

$$D = -\ 0.00140$$
$$E = +\ 0.00099$$
$$D + E = -\ 0.00041$$
$$(-\ 0.00041)\ (1)$$
$$C\ (D + E) = -\ 0.00041$$
$$A = 1.76119$$
$$C\ (D + E) + A = 1.76078$$
$$B = 1$$
$$F = -\ 0.02627$$
$$BF = -\ 0.02627$$
$$C\ (D + E) + A = 1.76078$$
$$BF = -\ 0.02627$$
$$C\ (D + E) + A + BF = 1.73451$$
$$\log \cot H = 9.92381$$
$$\log H' = 1.65832$$
$$H' = 45'',532$$

Mithin beobachtete Höhe = 50° 0′ 0″,00
Refraction = — 45,53
49° 59′ 14″,47

als wahre Höhe des obern Sonnenrandes, von welcher noch der scheinbare Sonnenhalbmesser abgezogen werden muß, nämlich:

49° 59′ 14″,47
— 15′ 46″,94
49° 43′ 27″,53

d. h. die gesuchte wahre Höhe des Mittelpunktes der Sonne.

§. 105. Es bedarf indessen die, auf diese Art gefunfundene, Höhe des Sonnenmittelpunktes noch einer kleinen Berichtigung, die von der sogenannten Sonnenparallaxe abhängig ist. Da nämlich die Sonne nicht so

unendlich weit wie die Fixsterne von der Erde entfernt ist, so wird man die Sonne von der Oberfläche der Erde aus offenbar immer etwas tiefer, als vom Mittelpunkte der Erde aus, wahrnehmen. Der Unterschied zwischen diesen beiden Höhen heißt die Höhenparallaxe der Sonne, welche im Horizonte am größten ist. Um daher die aus dem Mittelpunkte der Erde gesehene wahre Höhe zu erhalten, muß man zu der gefundenen corrigirten Höhe des Sonnenmittelpunktes die ihr zugehörige Höhenparallaxe noch addiren. Für unsere Zwecke genügt übrigens die kleine Tafel:

Höhe der Sonne.	Parallaxe.	Höhe der Sonne.	Parallaxe.	Höhe der Sonne.	Parallaxe.
	Sek.		Sek.		Sek.
0°	8	21°	8	42°	6
1	8	22	8	43	6
2	8	23	8	44	6
3	8	24	8	45	6
4	8	25	8	46	6
5	8	26	8	47	6
6	8	27	8	48	6
7	8	28	8	49	6
8	8	29	8	50	5
9	8	30	8	51	5
10	8	31	7	52	5
11	8	32	7	53	5
12	8	33	7	54	5
13	8	34	7	55	5
14	8	35	7	56	5
15	8	36	7	57	5
16	8	37	7	58	5
17	8	38	7	59	4
18	8	39	7	60	4
19	8	40	7		
20	8	41	6		

Im obigen Beispiel ward die corrigirte Höhe 49° 43′ 28″ gefunden, mithin giebt diese, in der vorstehenden kleinen Tafel aufgesucht, 5 Sekunden als Höhenparallaxe, welche, zu 49° 43′ 28″ addirt, endlich 49° 43′ 33″ als die, aus dem Mittelpunkte der Erde gesehene, wahre Höhe des Mittelpunktes der Sonne giebt.

§. 106. Für alle Fixsterne fallen die Correctionen der gemessenen scheinbaren Höhen, um sie in die wahren Höhen zu verwandeln, wegen des Halbmessers und der Parallaxe gänzlich weg, indem die Fixsterne wegen ihrer ungeheuern Entfernungen offenbar keinen Halbmesser und keine Parallaxe, wenigstens über keine halbe Sekunde, zeigen können. Auch ist noch zu bemerken, daß überhaupt für jedes Gestirn, dessen Höhe 90° beträgt, welches mithin im Zenith stehet, sowohl die Strahlenbrechung als auch die Parallaxe Null sein muß. Dagegen giebt es zwei andere sehr wichtige Ursachen, welche, wie die Astronomie auf's Bestimmteste nachweist, nebst der Refraction jeden Fixstern für uns nicht in seiner wahren Stelle am Himmel erblicken lassen. Diese zwei Ursachen nun sind die Aberration und Nutation, welche die mittlere Rectascension und Declination etwas ändern, so daß hierdurch die scheinbare Rectascension und Declination des Fixsterns entsteht.

Man hat Tafeln entworfen, mit deren Hilfe die mittlere gerade Aufsteigung α und Abweichung δ eines Sterns für einen gegebenen Tag in die scheinbare gerade Aufsteigung und Abweichung verwandelt werden kann, sobald die mittlere Sonnenlänge $\odot$ und die Länge Ω des aufsteigenden Mondsknotens für den gegebenen Tag bekannt sind. Diese Tafeln sind die XI. Tafel a., b. u. c.

Man berechne erstens:

$$p = \odot + A - \alpha$$
$$q = \Omega + B - \alpha,$$

so ist für die Rectascension

die Aberration $d\alpha' = -\frac{a.\cos p}{\cos \delta}$

die Nutation $d\alpha = -b.\cos q \operatorname{tg} \delta + c$

und dann für die Declination

die Aberration $d\delta = -a.\sin p \sin \delta +$ Zahl von $(\odot + \delta)$
$+$ Zahl von $(\odot - \delta)$,
die Nutation $d\delta' = -b \sin q$.

Ein Beispiel wird die Anwendung der XI. Tafel erläutern. Am 13. October 1831 war von dem Sterne α Wassermann

die mittlere Rectascension $329^\circ\ 17'\ 7'',36$
die mittlere Declination $-\ 1\ \ 8\ \ 2,75$;

ferner war die mittl. Sonnenlänge $\odot = 6^s\ 19^\circ\ 23' = 199^\circ\ 23'$
u. d. Länge d. aufsteig. ☽ Knotens $\Omega = 4\ 18\ 35$.

Aus den Tafeln XI. erhält man erstlich

$$\begin{aligned} A &= +1^\circ\ 36' \\ B &= +8\ \ 8 \\ \log a &= 1.2735 \\ \log b &= 0.9373 \\ C &= -10'',94; \end{aligned}$$

alsdann hat man

$$\begin{array}{rcl@{\qquad}rcl} \odot &=& 199^\circ\ 23' & \Omega &=& 138^\circ\ 35' \\ A &=& +1\ \ 36 & B &=& +8\ \ 8 \\ \hline \odot + A &=& 200^\circ\ 59' & \Omega + B &=& 146^\circ\ 43' \\ \alpha &=& 329\ \ 17 & \alpha &=& 329\ \ 17 \\ \hline p &=& 231^\circ\ 42' & q &=& 177^\circ\ 26'; \end{array}$$

ferner

$$\begin{array}{rcl@{\qquad}rcl} -\log a &=& 1.2735\,n & -\log b &=& 0.9373\,n \\ \log\cos p &=& 9.7922\,n & \log\cos q &=& 9.9996 \\ & & \overline{1.0657} & \log \mathrm{tg}\,\delta &=& 8.2966 \\ \log\cos\delta &=& 9.9999 & \log(-0'',17) &=& \overline{9.2335\,n} \\ \log d\alpha &=& \overline{1.0658} & & - & 0'',17 \\ d\alpha &=& +11'',64 & c &=& -\ 10,\ 94 \\ & & & d\alpha' &=& -\overline{11'',11}. \end{array}$$

Man hat daher

$$\begin{aligned} \alpha &= 329^\circ\ 17'\ 7'',36 \\ d\alpha &= \qquad\quad +\ 11,64 \\ d\alpha &= \qquad\quad -\ 11,11 \end{aligned}$$

scheinbare Rectasc. $= 329^\circ\ 17'\ 7'',89$ des Sterns.

Ferner ist

$$-\log a = 1.2735\,n$$
$$\log \sin p = 9.6947\,n$$
$$\log \sin \delta = 8.2964\,n$$
$$\log(-0'',29) = 9.4646\,n$$

Zahl von $(\odot + \delta) = +3'',78$ } aus der XI. Tafel.
Zahl von $(\odot - \delta) = +3,\ 83$ }

$$-0,\ 29$$

$$d\delta = +7'',32$$
$$-\log b = 0.9373\,n$$
$$\log \sin q = 8.6511$$
$$\log d\delta' = 9.5884\,n,\ d\delta' = -0'',39.$$

Man hat daher

$$\delta = -1^\circ\ 8'\ 2'',75$$
$$d\delta = +\ 7,32$$
$$d\delta' = -\ 0,39$$

scheinb. Declination $= -1^\circ\ 7'\ 55'',82$ des Sterns.

Einundzwanzigstes Kapitel.

Von dem Mittagsfernrohr.

§. 107. Das Mittagsfernrohr ist das einfachste aller astronomischen Instrumente und dazu bestimmt, den Stand und Gang der Uhr, so wie die in Sternzeit ausgedrückten Rectascensionen der Gestirne durch Beobachtungen scharf zu bestimmen. Nun haben wir zwar im 14. Kap. die Einrichtung und Aufstellung eines nur gewöhnlichen, möglichst wohlfeil herzustellenden Passageninstruments umständlich beschrieben und in der Fig. 3 erläutert. Indessen müssen wir, zufolge der in der Anmerkung S. 124 bemerkten Äußerungen, hier das Mittagsfernrohr, wie es von den Mechanicis gewöhnlich gefertigt wird, umständlicher beschreiben,

weil nur ein solches Instrument für wirklich genaue Beobachtungen zulässig ist, die allein dann durch Rechnung scharfe und sichere Resultate gewähren können.

§. 108. Die Künstler verfahren in der Einrichtung und Aufstellung eines Mittagsfernrohrs verschieden, doch müssen sie die wesentlichsten Punkte fast auf gleiche Weise berücksichtigen. Sie haben besonders allen Fleiß zu verwenden auf die Lager, auf welchen die horizontale Drehungsaxe, mit welcher das Fernrohr rechte Winkel bilden muß, aufruhet, so wie auch auf die schicklichsten Vorrichtungen zu sinnen, die jede richtige Stellung des Instruments zu bewirken im Stande sind. Wenn der Künstler einem Mittagsfernrohre die möglich vollkommenste Einrichtung gegeben und alle Theile sehr accurat verfertigt hat; so ist doch das Instrument gar nicht zu gebrauchen, sobald es keine ganz sichere Anfstellung, auf die ungemein viel, ja fast alles ankommt, erhalten hat. Daher sind folgende Vorschriften wohl zu befolgen. Die zwei Pfeiler, auf denen die beiden Zapfen der Horizontalaxe ruhen, müssen ganz fest gegründet werden, damit durch nichts ihre ursprüngliche Lage geändert werden könne. Ein jeder Pfeiler muß wo möglich aus einem einzigen Granitblock bestehen, und dieser, ohne alle Verbindung mit dem Mauerwerk des Gebäudes, bis tief in die Erde hinabgehen. Ferner darf das Ganze keineswegs auf einer hohen Mauer oder auf dem Fußboden eines obern Stockwerkes aufgestellt sein, denn sonst würden, je besser das Instrument verfertigt ist, die kleinsten Erschütterungen und Ausdehnungen einen sehr nachtheiligen Einfluß auf die Güte und Genauigkeit der, mit einem solchen Instrumente angestellten, Beobachtungen ausüben. Überhaupt ist der Stand eines jeden Passageninstruments einer zwar nur geringen, doch willkürli-

chen Veränderlichkeit, von der man früher nichts gewußt zu haben scheint, leicht unterworfen, wiewohl ein sorgfältiger Beobachter es stets in seiner Gewalt haben kann, sich eine richtige Kenntniß von dem Stande seines Mittagsfernrohrs zu verschaffen. Glücklicher Weise hat die erwähnte Veränderlichkeit, zu der namentlich die Temperatur mitzuwirken scheint, auf die meisten Arten von Beobachtungen keinen merkbaren Einfluß. Dagegen darf ein Mittagsfernrohr selbst nicht zu groß sein, denn sehr lange Fernröhre können wegen ihrer Beugung, so wie wegen der Flexibilität des Metalls überhaupt, weit weniger Sicherheit als die kleinern Fernröhre gewähren. Dieß ist nun allerdings ein sehr nachtheiliger Umstand, welcher durch andere, mit der Größe der Dimensionen verknüpfte, Vortheile sich nicht aufwiegen läßt. Man wird daher auch auf Sternwarten nicht leicht ein Passageninstrument antreffen, dessen Fernrohr eine größere Länge als 6 Fuß hätte.

§. 109. Man macht zwar einen Unterschied zwischen festen und tragbaren Mittagsfernröhren; indessen sind beide Arten, was die Construction selbst betrifft, gar nicht von einander verschieden, wohl aber hinsichtlich der Größe und Aufstellung. Es werden nämlich die festen Passageninstrumente als die größern auf zwei Granitsäulen in der Mittagsfläche aufgestellt; dagegen können die tragbaren Mittagsfernröhre als die kleinern überall, und in und außer der Meridianebene angebracht werden.

Es soll jetzt die Beschreibung eines tragbaren Passageninstruments mitgetheilt werden, die gewiß auch ohne beigegebene Abbildung leicht zu verstehen ist, sobald man nur Gelegenheit hat, ein solches Instrument selbst mit gehöriger Aufmerksamkeit betrachten zu können. Doch auch ohne diese wirkliche Beschauung wird man sich eine

deutliche Vorstellung von dem ganzen Apparate schon dadurch verschaffen können, wenn man, das 14. Kap. seinem wesentlichsten Inhalte nach im Gedächtniß noch habend, beim aufmerksamen Lesen der nun folgenden Beschreibung die Fig. 3 bisweilen mit in Betracht ziehet.

Ein achromatisches Fernrohr von 1 bis höchstens $3^1/_2$ Fuß Länge ist auf einem Gestell von Eisen befestigt. Dieses Gestell, das man auf irgend eine Grundlage aufsetzen kann, hat unten einen Quertheil, der mittest vier Schrauben horizontal sich stellen läßt, wodurch dann die beiden metallnen Pfeiler des Gestells von selbst in die verticale Lage kommen. Diese Pfeiler tragen die horizontale Drehungsaxe des Fernrohrs, welche Axe auf der einen Seite des Fernrohrs ausgehöhlt ist, damit die, im Brennpunkte des Tubus befindlichen, Fäden des Mikrometers von dem Lichte einer, außerhalb des Pfeilers angebrachten, Laterne erleuchtet und auf diese Weise bei Nacht sichtbar gemacht werden können. Bei den größern festen Passageninstrumenten werden jene kleinen eisernen Pfeiler durch größere vierkantige Granitsäulen ersetzt. Auf den beiden obern Flächen dieser Granitsäulen sind dann die, wie ein Y gestalteten, Unterlagen der Horizontalaxe angebracht. Die eine dieser Unterlagen gestattet mittelst einer Schraube die horizontale Bewegung, um die Drehungsaxe genau senkrecht gegen den Meridian stellen zu können. Die andere Unterlage gestattet, gleichfalls vermöge einer Schraube, eine verticale Bewegung, um die horizontale Lage der Axe verificiren zu können. Die Horizontalaxe selbst ist gewöhnlich nicht aus einem ganzen Stück, sondern aus zwei conisch geformten Stücken mittelst eines würfelartig gestalteten Mittelstücks zusammengesetzt. An dieses Mittelstück sind überdieß die beiden Hälften des Fernrohrs so befestigt, daß das Letz-

tere hinsichtlich seiner optischen Axe möglichst vollkommen senkrecht auf der Drehungsaxe stehe, eine von dem Künstler allerdings sehr schwer zu erfüllende Forderung.

Obgleich das Passageninstrument nicht dazu dienen soll, zugleich auch die Höhen der culminirenden Gestirne, d. i. nämlich ihre Meridianhöhen anzugeben; so bringt man demungeachtet zur Erreichung dieser Absicht an dem westlichen Pfeiler einen ganzen oder halben in Grade u. s. w. getheilten Kreis in senkrechter Lage an. — Eine Hängelibelle (s. S. 135) wird unter die Drehungsaxe des Fernrohrs angehängt und durch Schrauben so lange in ihrer Lage verändert, bis die Luftblase der Libelle genau in der Mitte stehet. Dann ist auf diese Art die Horizontalstellung der, in zwei Zapfen sich endigenden, Drehungsaxe sicher erlangt. Es müssen aber diese beiden Zapfen accurat cylindrisch abgedreht sein, sonst würde auch die genaueste Horizontalstellung der Drehungsaxe zu gar nichts helfen, indem bei einer veränderten Stellung des Fernrohrs die, hierdurch ebenfalls gedrehte, Horizontalaxe natürlich auf der einen oder auf der andern Seite tiefer zu liegen kommen, und folglich die Horizontalität wieder vernichtet werden würde. Um ferner untersuchen zu können, ob das Fernrohr, sobald der Inder des Nonius die senkrechte Lage anzeigt, wirklich vertical steht, sind zu beiden Seiten des Fernrohrs, ungefähr in der Gegend des Brennpunktes desselben, zwei Oculargläser mit einem gegenüberstehenden Merkmal angebracht, und in der Nähe des Objectivglases läßt man einen eingehängten feinen Faden durch ein, in das Metall der Drehungsaxe gebohrtes, Loch herabfallen. Sobald dieser Faden während des Durchsehens durch eines der oben erwähnten beiden Oculare auf das gedachte Merkmal einspielt, ist dann auch das Fernrohr genau in verticaler Lage.

§. 110. Alle übrigen kleinern Bestandtheile eines Mittagsfernrohrs, wie z. B. das Fadenmikrometer, die Nonien, Loupen, so wie auch die Bedachung des Instruments überhaupt u. s. w. kann man am besten an einem solchen Mittagsfernrohr selbst in Augenschein nehmen und kennen lernen. Indessen dürfen einige Vorsichtsmaaßregeln, welche sich auf die Handhabung des Passageninstruments beziehen, durchaus nicht unbefolgt bleiben. Zuerst hat man das Mittagsfernrohr, wenn Culminationen der Sonne mit demselben beobachtet werden sollen, vor den Einwirkungen der Sonnenstrahlen, zumal an heißen Sommertagen, gehörig zu beschirmen. Ferner kommt ungemein viel darauf an, wie die Culminationen mittelst des Passageninstruments observirt werden. Die beste Observationsart dürfte folgende sein. Sobald der Rand der Sonne, des Mondes oder eines Planeten, oder ein Fixstern einem Faden so nahe gekommen ist, daß man sicher urtheilen kann, er werde in der nächsten Zeitsekunde über den Faden hinaus sein, vergleiche man nun den Abstand von dem Faden vor dem Durchgange beim vorhergehenden Sekundenschlag mit dem Abstand nach dem Durchgange beim folgenden Sekundenschlag. Das Verhältniß beider Abstände wird die gesuchte Durchgangszeit angeben, und weil der eine Abstand von dem äußern, der andere Abstand von dem innern Rande abgeschätzt worden, so ergiebt sich hieraus, daß die gefundene Observationszeit sich stets auf die Mitte des Fadens selbst beziehen wird. Endlich hat man auch darauf zu sehen, daß die, mittelst der Gegengewichte bewirkte, Balancirung des Instruments nicht nur wirklich gut, sondern auch überhaupt so beschaffen sei, daß hierdurch kein Theil des Ganzen zu leiden hat. Staub und Schmutz muß von dem ganzen Apparat immer entfernt und das Öl oder

Fett, womit einzelne, der Bewegung unterworfene, Theile des Passageninstruments bestrichen sind, stets reinlich gehalten werden. Überhaupt bedarf das Mittagsfernrohr, seiner sehr einfachen Construction ungeachtet, einer fortwährend delicaten Behandlung. Von dem Fadenmikrometer ist bereits früher das Hauptsächlichste (s. S. 82 ff.) mitgetheilt worden.

§. 111. Die Rectification, d. h. die Bestimmung des Fehlers eines Mittagsfernrohrs ist sehr wichtig und muß schon geschehen sein, ehe man mit diesem Instrument völlig brauchbare Beobachtungen anstellen kann.

Das Mittagsfernrohr ist namentlich mit drei Fehlern behaftet; erstens wird es stets vom Meridian etwas abweichen, folglich ein Azimuth a haben, das künftig als negativ angesehen werden soll, sobald das Fernrohr auf der Südseite des Zeniths nach Westen abweicht; zweitens wird die Drehungsaxe gewöhnlich um einen kleinen Winkel b gegen die Horizontebene geneigt sein, und ein negatives b soll in der Folge andeuten, daß das östliche Ende der Rotationsaxe höher steht als das westliche Ende; drittens wird die optische Axe des Fernrohrs sehr oft gegen die auf die Drehungsaxe senkrecht gedachte Linie sich unter einem kleinen Winkel neigen, welcher der Collimationsfehler c heißt, und ein negatives c soll künftig anzeigen, daß die optische Axe auf der Südseite des Zeniths gegen West abweicht. — Diese drei Fehler sind anfangs durch mechanische Operationen so viel als möglich zu verkleinern. Ihre dann noch übrig gebliebenen geringen Werthe hat man nun durch die Beobachtungen selbst auf rechnendem Wege zu bestimmen.

§. 112. Um das Passageninstrument sehr nahe in die Richtung der Mittagslinie bringen zu können, errichte

man in einer etwas großen Entfernung von dem Orte, wo das Fernrohr aufgestellt werden soll, in der schon beinahe bekannten Richtung des Meridians zwei Signale, welche aus Stäben bestehen, auf die eine weiß angestrichene Kugel von Holz gesteckt worden ist. Hierauf beobachte man mit einem Spiegelsextanten etliche correspondirende Distanzen der Sonne von diesen beiden Kugeln, wobei zugleich auch an demselben Tage mehrere gewöhnliche correspondirende Sonnenhöhen zur Bestimmung der Uhrzeit T des wahren Mittags zu nehmen sind und die Rechnung (wie S. 69) zu führen ist. Dann giebt das Mittel aus je zwei zusammengehörenden gleichen Distanzen derselben Kugel die Mittags-Uhrzeit T′, die der andern T″, welche jede bloß dann gleich T sein könnte, sobald die beiden Kugeln schon genau in der Mittagslinie selbst sich befänden. Übrigens versteht es sich von selbst, daß die Werthe von T′ und T″ wegen der Declinationsänderung der Sonne noch durch die Größe

$$\tfrac{1}{30}\,(p' - p)\left\{\frac{\cot(\varphi + h)}{\sin s} + \cot s \cot \tfrac{1}{2}\,(p' + p)\right\}$$

verbessert werden müssen. In dem vorstehenden Ausdrucke bezeichnen p′ und p die Poldistanzen der Sonne *) zur Zeit der ersten und letzten Beobachtung an jeder Kugel, s den Stundenwinkel der Sonne zur Zeit der letzten Observation, h die Höhe der Kugeln über dem Horizonte und φ die Polhöhe oder geographische Breite des Beobachtungsortes.

Nun bestimme man die Entfernung d beider Kugeln von einander in Zollen; so findet man die gesuchten Entfernungen x und y des ersten und zweiten Signals von

---

*) Die Poldistanz eines Gestirns ist gleich 90 Grad weniger der Declination dieses Gestirns.

der wahren Mittagslinie, in Zollen ausgedrückt, durch die Gleichungen:

$$x = \frac{d\,(T - T'')}{T' - T''}$$

$$y = \frac{d\,(T - T')}{T' - T''}.$$

Hierbei hat man zu merken, daß, sobald T′ oder T″ kleiner als T berechnet gefunden wird, die erste oder zweite Kugel zu weit östlich vom Meridian absteht. Werden folglich x, y positiv gefunden, so stehen die Signale westlich von der Mittagslinie ab. Rückt man daher das erste Signal um x Zoll, das zweite Signal um y Zoll nach der entgegengesetzten Seite, so werden endlich beide Kugeln genau im Meridian sich befinden. Es versteht sich übrigens von selbst, daß man, der größern Sicherheit wegen, nicht nur das ganze Verfahren an diesen beiden neu aufgestellten Signalen wiederholen, sondern auch überhaupt mehr als zwei, etwa 3, 4 oder 5 Signale aufstellen muß.

§. 113. Beispiel. Am 7. April 1801 wurden auf der Sternwarte Seeberg bei Gotha an 5, ganz runden und hohlen, 5 Zoll im Durchmesser haltenden, Glaskugeln, die auf kleinen hölzernen Stangen in gleicher Höhe auf freiem Felde ausgesteckt waren, etliche correspondirende Sonnendistanzen und zugleich mehrere correspondirende Sonnenhöhen observirt. Was die Sonnendistanzen betraf, so wurde bloß der heller glänzende Punkt, der von der Glaskugeloberfläche reflectirt ward, beobachtet. Ferner gab der, aus den correspondirenden Sonnenhöhen berechnete, Mittag für die Uhrzeit im wahren Mittage

$$T = 11\ \text{U.}\ 56'\ 52'',2.$$

Die angestellten Beobachtungen selbst waren, tabellarisch geordnet, folgende:

Beobachtete Sonnendistanzen.	Tageshälfte.	Die an der Uhr beobachteten Zeiten T^{I} An der 1.	T^{II} An der 2.	T^{III} An der 3.	T^{IV} An der 4.	T^{V} An der 5.
		Glaskugel.				
69° 40′	V.	20 St. 25′ 2″, 0	20 St. 25′ 30″, 0	20 St. 26′ 0″, 0	20 St. 26′ 31″, 0	20 St. 27′ 2″, 0
	N.	3 26 8, 0	3 26 33, 0	3 27 3, 0	3 27 31, 0	3 27 50, 0
	M.	11 55 35, 0	11 56 1, 5	11 56 31, 5	11 57 1, 0	11 57 30, 5
69 10	V.	20 28 26, 0	20 28 54, 0	20 29 24, 0	20 59 54, 0	20 30 25, 0
	N.	3 22 44, 0	3 23 9, 0	3 23 39, 0	3 24 8, 0	3 21 35, 0
	M.	11 55 35, 0	11 56 1, 5	11 56 31, 5	11 57 1, 0	11 57 30, 0
68 40	V.	20 31 50, 0	20 32 18, 0	20 32 47, 0	20 33 17, 0	20 33 48, 0
	N.	3 19 20, 0	3 19 45, 0	3 20 15, 0	3 20 44, 0	3 21 12, 0
	M.	11 55 35, 0	11 56 1, 5	11 56 31, 0	11 57 0, 5	11 57 30, 0
68 10	V.	20 35 14, 0	20 35 42, 0	20 36 11, 0	20 36 42, 0	20 37 13, 0
	N.	3 15 56, 0	3 16 20, 0	3 16 51, 0	3 17 20, 0	3 17 47, 0
	M.	11 55 35, 0	11 56 1, 0	11 56 31, 0	11 57 1, 0	11 57 30, 0
67 40	V.	20 38 39, 0	20 39 7, 0	20 39 37, 0	20 40 7, 0	20 40 38, 0
	N.	3 12 31, 0	3 12 55, 0	3 13 25, 0	3 13 55, 0	3 14 22, 0
	M.	11 55 35, 0	11 56 1, 0	11 56 31, 0	11 57 1, 0	11 57 30, 0
Mittel aus allen Mittagsverbesserungen.		11 St. 55′ 35″,00 + 17, 39	11 St. 56′ 1″,30 + 17, 39	11 St. 56′ 31″,20 + 17, 39	11 St. 57′ 0″,99 + 17,39	11 St. 57′ 30″,10 + 17, 39
Verbesserte Zeiten.		11 55 52, 39	11 56 18, 69	11 56 48, 59	11 57 18, 29	11 57 47,49
Uhrz. im wahren M.		11 56 52, 20	11 56 52, 20	11 56 52, 20	11 56 52, 20	11 56 52,20
Abweichung vom wahren Mittage.		— 59″,81	— 33″,51	— 3″,61	+ 26″,09	+ 55″,29

Diese fünf letzten Zahlen sind der Reihe nach die Werthe

$$\left.\begin{array}{l} T^{I} - T = -59'',81 \\ T^{II} - T = -33,\ 51 \\ T^{III} - T = -\ 3,\ 61 \\ T^{IV} - T = +26,\ 09 \\ T^{V} - T = +55,\ 29 \end{array}\right\} \text{also} \left\{\begin{array}{l} T^{I} - T^{III} = -56'',20 \\ T^{II} - T^{III} = -29,\ 90 \\ T^{III} - T^{IV} = -29,\ 70 \\ T^{III} - T^{V} = -58,\ 90. \end{array}\right.$$

Ferner betrug

die Distanz der $\left\{\begin{array}{l}1.\\2.\\4.\\5.\end{array}\right\}$ Kugel von der 3. $\left\{\begin{array}{l} d^{I} = 68,6 \\ d^{II} = 36,5 \\ d^{IV} = 36,4 \\ d^{V} = 71,8 \end{array}\right\}$ Zoll.

Nunmehr ist es leicht, die Distanzen d_1, d_2, d_3, d_4 und d_5 der fünf Kugeln von dem wahren Meridianpunkte, der wegen des Wechsels obiger Zeichen zwischen die dritte und vierte Kugel fallen muß, nach den im §. 112 für x und y gegebenen Gleichungen zu bestimmen. Nämlich:

$$d_1 = \frac{d^{I}\,(T - T^{I})}{T^{I} - T^{III}} = \frac{(68,6)\,(+59,81)}{-56,20} = -73,01$$

$$d_3 = \frac{d^{I}\,(T - T^{III})}{T^{I} - T^{III}} = \frac{(68,6)\,(+\ 3,61)}{-56,20} = -\ 4,41$$

$$d_2 = \frac{d^{II}\,(T - T^{II})}{T^{II} - T^{III}} = \frac{(36,5)\,(+33,51)}{-29,90} = -41,21$$

$$d_3 = \frac{d^{II}\,(T - T^{III})}{T^{II} - T^{III}} = \frac{(36,5)\,(+\ 3,61)}{-29,90} = -\ 4,44$$

$$d_4 = \frac{d^{IV}\,(T - T^{IV})}{T^{III} - T^{IV}} = \frac{(36,4)\,(-26,09)}{-29,70} = +31,98$$

$$d_3 = \frac{d^{IV}\,(T - T^{III})}{T^{III} - T^{IV}} = \frac{(36,4)\,(+\ 3,61)}{-29,70} = -\ 4,43$$

$$d_5 = \frac{d^{V}\,(T - T^{V})}{T^{III} - T^{V}} = \frac{(71,8)\,(-55,29)}{-58,90} = +67,40$$

$$d_3 = \frac{d^{V}\,(T - T^{III})}{T^{III} - T^{V}} = \frac{(71,8)\,(+\ 3,61)}{-58,90} = -\ 4,40.$$

Es ergiebt sich folglich

für die 1. Kugel, Distanz $d_1 = 73,0$ östlich
" " 2. " " $d_2 = 41,2$ östlich vom
" " 4. " " $d_4 = 32,0$ westl. Meridian.
" " 5. " " $d_5 = 67,4$ westl.

Für die 3. Kugel ergiebt sich, im Mittel aus den vier gefundenen Resultaten 4,41; 4,44; 4,43 und 4,40 die Distanz $d_3 = 4,4$ östlich vom Meridian.

Es muß also

die 1. Kugel um 73,0 Zoll westlicher
" 2. " " 41,2 " westlicher
" 3. " " 4,4 " westlicher
" 4. " " 32,0 " östlicher
" 5. " " 67,4 " östlicher

gestellt werden, damit jede dieser Kugeln dann in der Mittagslinie selbst steht.

Wenn so der wahre Meridianpunkt aufgefunden und in demselben die Meridiansäule (s. §. 60 u. §. 70) aufgerichtet worden ist, so kann man alsdann das Fernrohr des Passageninstruments darauf einstellen. Es wird nun das Fernrohr nur noch ein sehr kleines Azimuth a (von kaum einigen Sekunden) haben, welches sich jederzeit aus den Beobachtungen selbst leicht wird ermitteln lassen.

Anmerkung. Dieses vorgetragene Verfahren dient zugleich, eine Mittagslinie auf mehrere Meilen weit (und mit viel größerer Genauigkeit, als es auf die im §. 10 angegebene Weise möglich ist) fortzuführen und abzustecken. Man wiederhole nämlich an den nächsten Tagen das obige Verfahren, wähle hierbei den Ort jener ersten Signale, d. h. den gefundenen Meridianpunkt, jetzt zum neuen Beobachtungsort, stecke in derselben ungefähren Richtung wieder andere Kugeln auf und bestimme auf dieselbe Weise, wie weit diese Kugeln von der Mittagslinie noch abstehen. — Sollte übrigens die Aussicht durch einen Berg begrenzt sein, so lassen sich vom ersten Beobachtungsorte aus die Kugeln auf diesem Berge aufstellen. Nur große Wälder in ebenen Gegenden würden die oben erklärte Verfahrungsweise ganz unanwendbar machen.

§. 114. Es ist nunmehr der zweite Hauptfehler, die Größe b der Neigung der Rotationsare gegen die Horizontebene auf mechanische Weise möglichst wegzuschaffen, was am besten folgender Maaßen geschehen kann. Eine Hängelibelle wird mit ihren beiden Haken an die Zapfen der Drehungsare angehängt und hierbei vorausgesetzt, daß der Beobachter stets auf derselben Seite der Drehungsare bleibt, d.h. daß er z. B. stets nach Norden siehet. Jetzt lese der Beobachter die Endpunkte der Luftblase der Libelle, rechts r, links l ab, nehme alsdann die Libelle ab, hänge sie in verkehrter Lage wieder an, so daß der früher östliche Arm derselben nunmehr westlich werde, und lese wieder die Endpunkte der Luftblase, rechts r′, links l′ ab. Zuletzt hat der Beobachter die Rotationsare so lange zu schrauben, bis die Luftblase rechts $\frac{1}{2}(r' + l)$ und links $\frac{1}{2}(r + l')$ zeigt. Auf diese Weise wird nun die Drehungsare fast ganz horizontal liegen und die Neigung b nur wenige Sekunden noch betragen.

§. 115. Um den dritten Hauptfehler des Mittagsfernrohrs, den Collimationsfehler c, möglichst wegzuschaffen, wähle man einen irdischen Gegenstand, dessen Durchmesser in Bogensekunden bereits bestimmt ist, und richte das Fernrohr auf ihn. Es stehe dann der Mitelfaden des Fadenmikrometers um p Sekunden östlich von der Mitte des gedachten Gegenstandes. Hierauf wende man das Fernrohr so um, daß seine östliche Are jetzt zur westlichen wird. Es stehe nun der Mittelfaden des Fadenmikrometers um q Sekunden östlich von der Mitte des gewählten Objects. Man findet dann den Collimationsfehler mittelst der Gleichung

$$c = \frac{p - q}{30},$$

wobei jedoch nicht zu übersehen ist, daß man p und q negativ nehmen muß, sobald der Mittelfaden westlich von der Mitte des gewählten Gegenstandes abstand. Die Größe c wird durch obige Gleichung in Sekunden gefunden, und die Verbesserung mittelst der Schraube hervorgebracht, die das Fadennetz horizontal bewegt. Übrigens versteht es sich von selbst, daß man, größerer Sicherheit wegen, das ganze Verfahren noch einmal wiederholen muß. Der Collimationsfehler c ist alsdann zur möglichst kleinsten Größe herabgebracht worden.

§. 116. Die noch übrig gebliebenen ganz geringen Werthe von a, b und c pflegen nun die Astronomen durch die jedesmal angestellten Beobachtungen auf rechnendem Wege zu bestimmen und dann gehörig mit zu berücksichtigen. Indessen ist es für unsern Zweck, die Zeit bis auf eine Zehntelsekunde genau zu bestimmen, ohne das Mittagsfernrohr zugleich auch zur Bestimmung von Rectascensionen der Gestirne zu benutzen, vollkommen hinreichend, die Neigung b und den Collimationsfehler c wie sogleich gelehrt werden wird, möglichst ganz wegzuschaffen, und nur das, auf mechanischem Wege (§. 112 und §. 113) möglichst verringerte Azimuth beizubehalten.

Man binde die Libelle auf einen eingetheilten Kreis an und gebe Achtung, um wie viel Theilstriche die Luftblase sich fortzieht, sobald der Kreis mit sammt dem Niveau um seine Horizontalaxe, z. B. um 5,10 oder 20 Sekunden, fortbewegt wird. Hierdurch erfährt man den Werth k eines Intervalls zweier Theilstriche des Niveau in Bogensekunden. Nun gebe die Libelle (s. §. 114) in der ersten Lage östlich o und westlich w, nach der Umkehrung aber östlich o′ und westlich w′, so hat man die Neigung

$$b = \frac{k\,(w + w' - o - o')}{60}$$

Hierauf beobachte man in der gewöhnlichen Lage des Mittagsfernrohrs einen Fixstern, der eine große Declination hat, an dem ersten der 3 oder 5 Fäden des Mikrometers; die auf den Mittelfaden reducirte Beobachtungszeit werde durch z bezeichnet. Nachher hebe man die Rotationsaxe mit dem Fernrohr aus ihren Lagern, und beobachte jetzt in der umgewandten Lage des Fernrohrs denselben Stern wieder an demselben Faden, der in der vorigen Lage der erste war; die auf dem Mittelfaden reducirte Beobachtungszeit werde durch z′ bezeichnet. Ist nun δ die scheinbare Declination des gewählten Fixsterns, so hat man endlich den Collimationsfehler

$$c = \tfrac{1}{2}\,(z' - z) \cos \delta,$$

wobei nur zu merken ist, daß bei einer untern Culmination die Größe δ das Complement der Declination zu 180° bedeutet.

Jetzt berichtige man, den gefundenen Werthen von b und c gemäß, das Passageninstrument, so kann man voraussetzen, das Mittagsfernrohr habe keine Neigung und keinen Collimationsfehler mehr, so daß nur noch die genaue Bestimmung des auf mechanische Weise (s. §. 112.) bereits möglichst verkleinerten Azimuths a übrig bleibt.

§. 117. Unter der Voraussetzung, daß jetzt a auf der östlichen Seite als negativ anzusehen ist, beobachte man, mittelst einer nahe nach Sternzeit gehenden Uhr, am mittelsten Verticalfaden des Fernrohrs um die Zeit t, einen Fixstern, dessen scheinbare Rectascension α und scheinbare Declination δ ist, hierauf eben so um die Zeit t′ einen zweiten Fixstern, dessen scheinbare gerade Aufsteigung α' und scheinbare Abweichung δ' ist. Alsdann be-

rechne man zwei Hilfsgrößen m und m' mittelst der Gleichungen

$$m = \frac{\sin(\varphi - \delta)}{\cos \delta}$$

$$m' = \frac{\sin(\varphi - \delta')}{\cos \delta'},$$

in welchen beiden Gleichungen φ die Polhöhe des Beobachtungsortes, δ und δ' aber, sobald die beiden Sterne in ihrer untern Culmination nordwärts vom Zenith beobachtet worden, nicht deren Declinationen selbst, sondern deren Complemente zu 180° bezeichnen. Nun ergiebt sich der Werth a des Azimuths aus der Formel

$$a = \frac{\alpha' - t' - \alpha + t}{m_{,} - m}.$$

Damit a recht scharf gefunden werde, müssen beide Sterne große nördliche Declinationen haben, und zwar muß der eine Stern über, der andere dagegen unter dem Pole stehend gewählt werden.

Man kann aber auch — und dieß scheint vortheilhafter zu sein — statt zweier Sterne nur einen nehmen. Es sei für diesen Fall t die Uhrzeit des Durchgangs dieses gewählten Firsterns durch den Mittelfaden in der obern, und t' die Uhrzeit des Durchganges in der untern Culmination; so findet man dann das Azimuth a durch die Gleichung

$$a = \frac{12 - t' + t}{2 \cos \varphi \operatorname{tg} \delta}.$$

Denn bei dieser Methode ist es gar nicht nöthig, die scheinbare gerade Aufsteigung des Sterns zu kennen und die Hilfsgrößen m und m' zu berechnen.

§. 118. Kennt man so das Azimuth a des Mittagsfernrohrs ganz genau; so kann man jetzt das Instrument

zur scharfen Bestimmung des Fehlers der Uhr anwenden. Man beobachte nämlich die Culminationszeit t irgend eines Fixsterns, dessen scheinbare Rectascension α und scheinbare Declination δ bekannt ist, und berechne zuerst die Hilfsgröße m mittelst des Ausdrucks:

$$m = \frac{\sin(\varphi - \delta)}{\cos \delta},$$

wo also, wie im vorigen Paragraphen, φ die Polhöhe des Beobachtungsorts, und, wenn der Stern in seiner untern Culmination, d. h. nordwärts vom Zenith, beobachtet worden, δ nicht die Declination selbst, sondern deren Complement zu 180° bedeutet. Dann findet sich die Correction x der nahe nach Sternzeit gehenden Uhr mittelst der Gleichung

$$x = \alpha (t + ma).$$

§. 119. Wir wollen die leichte Anwendung der in den §§. 117 und 118 gegebenen Vorschriften und Formeln nunmehr durch ein vollständig ausgeführtes Beispiel vor Augen legen, und hierzu die nämlichen Beobachtungen benutzen, welche (§. 69) bereits aufgestellt und berechnet worden sind.

Die Beobachtungen sind:

Beobachtungsort.	Beob. Sterne.	Sternzeiten des Durchgangs.	Scheinb. Rectascension.	Scheinb. Declination	Bemerkungen.
		St. M. S.	St. M. S.		
Wien. Sternw. 1820. Febr. 28.	Polarstern	0 55 42,97	0 56 7,13	+ 88° 21′	Die Uhr ging nahe nach Sternzeit. Die Sternzeiten d. Durchgangs sind die Uhrzeiten des mittlern Verticalfadens im Mittel aus allen Fäden bestimmt.
	β Orion	5 4 27,96	5 5 53,95	— 8 23	Die Neigung b der Rotationsaxe und der Collimationsfehler c des Fernrohrs waren ganz unerheblich.
Polhöhe = 48° 13′	Procyon.	7 28 27,80	7 29 53,64	+ 5 41	

Man hat also zuerst:

$\alpha = 0$ St. 56′ 7″,13	$\delta = + 88° 21′$	$t = 0$ St. 55′ 42″,97
$\alpha' = 5 \quad 5 \quad 53,95$	$\delta' = - \quad 8 \quad 23$	$t' = 5 \quad 4 \quad 27,96$
$\alpha'' = 7 \quad 29 \quad 53,64$	$\delta'' = + \quad 5 \quad 41$	$t'' = 7 \quad 28 \quad 27,80.$

Zweitens: $\alpha' - t' - \alpha + t = + 1' \; 1'',83 = + 61'',83$ | $\varphi - \delta = - 40° \; 8'$,
$\alpha'' - t'' - \alpha + t = - 1 \;\; 1,\; 68 = - 61,\; 68$ | $\varphi - \delta' = + 56 \;\; 36$
$\varphi - \delta'' = + 42 \;\; 32.$

Drittens: (§. 117.)

$\log \sin (\varphi - \delta) = 9.80927$ n	$\log \sin (\varphi - \delta') = 9.92161$	$\log \sin (\varphi - \delta'') = 9.82996$
$\log \cos \delta = 8.45930$	$\log \cos \delta' = 9.99533$	$\log \cos \delta'' = 9.99785$
$\log m = 1.34997$ n	$\log m' = 9.92628$	$\log m'' = 9.83211$
$m = -22'',39$	$m' = +0'',84$	$m'' = +0'',68$

mithin $m' - m = + 0' \; 23'',23 = + 23'',23$
$m'' - m = - 0 \;\; 23,07 = - 23,07.$

Daher viertens (§. 117).

$$\frac{\alpha' - t' - \alpha + t}{m' - m} = \frac{+61'',83}{+23'',23} = +2'',661 = a$$

$$\frac{\alpha'' - t'' - \alpha + t}{m'' - m} = \frac{-61'',68}{-23'',07} = +2,673 = a,$$

folglich im Mittel das gesuchte Azimuth $a = +2'',667$; d. h, das Mittagsfernrohr weicht um 2,667 Bogensekunden westlich vom Meridian ab. Wir können nun die gesuchte Correction x der Uhr gegen Sternzeit nach der am Ende des §. 118 stehenden Gleichung $x = \alpha - (t + ma)$ bestimmen, und hierzu obige Beobachtungen, die zur Bestimmung des Azimuths gedient haben, eben so gut, anstatt diesem Behufe neue Beobachtungen anzustellen, verwenden. Weil drei Beobachtungen vorhanden sind, werden wir auch drei Bestimmungen für die Größe x erhalten, da wir zu diesem Zweck offenbar drei Gleichungen haben;

$$x = \alpha - (t + ma)$$
$$x = \alpha' - (t' + m'a)$$
$$x = \alpha'' - (t'' + m''a).$$

Es ist aber $ma = -59'',71$
$m'a = +\ 2,24$
$m''a = +\ 1,81$;

folglich haben wir, wegen der Berechnung der Correction x, drei Additionen auszuführen, um $t + ma$, $t' + m'a$ und $t'' + m''a$ und alsdann diese drei Summen resp. von α, α', α'' zu subtrahiren,

also t = 0 St. 55′ 42″,97	t′ = 5 St. 4′ 27″,96	t″ = 7 St. 28′ 27″,80
ma = − 59, 71	m′a = + 2, 24	m″a = + 1, 81
t + ma = 0 St. 54′ 43″,26	t′ + m′a = 5 St. 4′ 30″,20	t″ + m″a = 7 St. 28′ 29″,61;

ferner

α = 0 St. 56′ 7″,13	α′ = 5 St. 5′ 53″,95	α″ = 7 St. 29′ 53″,64
t + ma = 0 „ 54 43, 26	t′ + m′a = 5 „ 4 30, 20	t″ + m″a = 7 „ 28 29, 61
x = + 0 St. 1′ 23″,87	x = + 0 St. 1′ 23″,75	x = + 0 St. 1 24″,03.

Wir haben also endlich im Mittel:
Correction x der Uhr gegen Sternzeit + 1 M. 23,883 Sek., d. h. für die Mitte 4 Uhr 29 Min. 33 Sek. aller drei Beobachtungszeiten war die Uhr um 1 Min. 23,88 Sek. der Sternzeit voraus.

Anmerkung. Wenn man diese Beobachtungen und einfachen Berechnungen mehrere Tage hinter einander wiederholt, so findet man für jeden Tag und für die Mitte der Beobachtungszeiten den Stand der Uhr gegen Sternzeit recht genau. Es ist klar, daß dann die Differenzen dieser Uhrstände zu einer sehr sichern Bestimmung des stündlichen und täglichen Ganges der Uhr gegen eine Sternstunde oder gegen einen Sterntag dienen werden.

§. 120. Das ganze, in den letzten Paragraphen dargelegte, Verfahren wird jedoch etwas umständlicher, weil, nachdem man mittelst der Größe x die Sternzeit der Uhr ganz genau ermittelt hat, diese scharf bestimmte Sternzeit der Uhr zuletzt noch in die ihr gleiche mittlere Zeit verwandelt werden muß. Ein Beispiel hierzu anzuführen, ist jedoch überflüssig, da schon §. 73 die Verwandlung der Sternzeit in mittlere Zeit gezeigt worden ist.

Anmerkung. Nicht uninteressant dürfte es Vielen der Besitzer dieses Buches sein, die mancherlei Methoden, die mit dem Passageninstrument angestellten Beobachtungen zu registriren oder tabellarisch einzutragen, durch die Mittheilung folgender drei Auszüge aus den Tagebüchern der Sternwarten zu Greenwich, Königsberg und Wien kennen zu lernen.

1) Beobachtete Fixstern- und Planetenculminationen zu Greenwich im Jahr 1826.

Tag des Monats.	I.	II.	III.	Meridianfaden. IV.	V.	VI.	VII.	Reduct. der Fäden.	Anzahl der Tage.	Täglicher Gang der Uhr.	Namen oder Charakter der Sterne.
24. Juni.		40″.0	0″.2	6h 10′ 20″.3	40″.1	59″.5		28″.86	1	— 0″.06	⊙ 1. Rand
		58 .0	17 .6	6 12 37 .6	57 .6	17 .7					⊙ 2. Rand
		47 .1	6 .1	11 41 25 .2	44 .3	3 .3		25 .18			β Leonis
		38′17 .0	49′ 4 .5	12 59 54 .5	10′40 .5	21′29 .0		54 .14			Polaris S. P.
		57 .9	26 .6	13 41 55 .1	23 .8	52 .4		55 .16			η Ursae maj.
		20 .0	39 .5	14 8 58 .9	18 .6	38 .1		59 .02	2	+ 0 .20	Arcturus
			1 .1	14 20 31 .2	1 .3			31 .20			θ Bootis
		11 .0	30 .0	14 33 49 .0	8 .0	26 .9		48 .98			π Bootis
		42 .6	1 .6	14 42 20 .7	38 .8	58 .8		20 .70	1	+ 0 .30	α′ Librae
			23 .4	14 52 33 .5	43 .6			33 .50			β Ursae min.
		18 .2	36 .6	15 8 55 .2	13 .8	32 .3		55 .22			β Librae
		53 .6	14 .2	15 28 34 .9	55 .4	16 .2		34 .86	1	+ 0 .20	α Cor. bor.
			39 .8	15 36 57 .9	16 .2			57 .97	1	+ 0 .29	α Serpentis
		19 .0	38 .1	22 40 57 .1	16 .0	34 .8		57 .00			☽ 2. Rand
				0 59 54 .0				54 .00			Polaris
			23 .4	2 52 33 .7	43 .6			33 .57			β Urs. min. S. P.
		15 .1	43 .2	3 13 11 .3	39 .5	7 5.		11 .32			α Persei

2) Königsberger Beobachtungen im October 1822.

(n = — 0,466; c = — 0,030; m = — 0,33)

Tag des Monats.	Namen.	I.	II.	III.	IV.	V.	Mittel auf den Mittelfaden.	Correction des Instr.	Correction der Zeit.
26.	Sonne	59′ 27″.7	42″.7	57″.9	0′ 12″.7		13h 59′ 57″.83	+ 0.07	
				2 10 .3	25 .4	39″.3	14 2 10 .19	+ 0.07	
	α Boot.	7 3 .4	19 .0	34 .9	50 .6	7 5 .5	7 34 .82	— 0.20	— 0.22
	γ Aquil.	37 21 .1	36 .0	51 .0	38 5 .8	20 .2	19 37 50 .97	— 0.13	— 0.24
	α —	41 39 .3	54 .2	42 9 .1	23 .8	38 .2	42 9 .07	— 0.11	— 0.24
	β —	46 7 .7	22 .4	37 .4	52 .1	47 6 .2	46 37 .31	— 0.09	— 0.10
	α Cygni	34 43 .2	35′ 4 .2	25 .0	45 .3	36 5 .3	20 35 24 .81	— 0.50	— 0.30
	3 Pisc.	51 5 .3	19 .8	34 .6	49 .1	52 3 .4	22 51 34 .59	— 0.02	
	☽ 1. R.	58 47 .6	59 2 .8	17 .8	32 .7	47 .4	59 17 .82	0.00	
	96 Aquar.	9 44 .7	59 .7	10 14 .5	29 .2	43 .5	10 14 .47	+ 0.02	
	α Urs. min.	41 4 .0	49 25 .0	57 56 .0	6 29 .0	15 8 .5	12 57 55 .16		

3) Wiener Beobachtungen.

1820.	Gestirn.	No.	I.	II.	III.	IV.	V.	H.	Anmerkungen.
4. Juli	ε Delph.	467	23′ 3″.0	23′ 18″.8	23′ 34″.0	23′ 48″.2	24′ 3″.8	20	
	ζ —	468	25 19 .0	25 35 .0	25 50 .2	26 5 .0	26 20 .8	20	4. Juli
	β —	469	27 32 .0	27 48 .0	28 3 .1	28 18 .0	28 33 .9	20	
	α —	470	29 42 .2	29 58 .0	30 13 .5	30 28 .5	30 44 .0	20	α Ursae }
	α Cygni	472	33 31 .5	33 53 .0	34 14 .0	34 34 .0	34 55 .8	20	α Pisc. Austr. }
	μ Aquar.	476	41 22 .8	41 38 .8	41 53 .5	42 8 .0	42 23 .8	20	m = − 0″.58 }
	q Vulpis	477		45 33 .0	45 50 .0	46 6 .0	46 23 .0	20	γ Aquilae + 66″.24
	x —	478	48 37 .3	48 54 .0	49 10 .0	49 25 .5	49 42 .0	20	α — + 66 .00
	η Capric.	479	52 34 .0	52 50 .5	53 6 .0	53 21 .8	53 38 .0	20	β — + 66 .08
	ϑ —	480		54 31 .0	54 46 .5	55 1 .5	55 17 .8	20	α Pisc. Austr. + 65 .73
									20h 27′, x = + 66″.01

Aus diesen drei Registern ersieht man, daß auf dem ersten Observatorium die Beobachtungen mit dem berichtigten Mittagsfernrohr gemacht, auf den beiden letztern aber die Fehler des Instruments für den Zweck registrirt sind, die Correctionen für jede einzelne Beobachtung zu haben. Zu Greenwich ist der Gang der Uhr ohne ihren Fehler in Zeit, zu Königsberg hingegen weder der Fehler der Uhrzeit noch deren Gang besonders, sondern nur die beobachteten Culminationen der Sterne und die Correctionen des Instruments zu den respectiven Zeiten gegeben, für welche die wahren Zeiten und mittlern Rectascensionen nachher berechnet werden können. Zu Wien endlich sind die Uhrfehler und die Data zur Berechnung des Instrumentsfehlers wieder einzeln angegeben.

§. 121. Die in den Paragraphen 68 u. 69 gegebene Methode, an der Meridiansäule die beiden schwarzen Striche so anzubringen, daß mitten zwischen ihnen die Richtung der Mittagslinie gerade hindurchgeht, gewährt natürlich keine sehr große Genauigkeit, weil noch immer um mehrere Sekunden gefehlt werden kann. Wir wollen daher jetzt zeigen, wie mittelst Beobachtungen der an derjenigen Fläche der Meridiansäule, die dem Mittagsfernrohr zugegewandt ist, anzubringende wahre Meridianpunkt sehr genau zu bestimmen möglich ist.

Nachdem man, wie in den §§. 112 und 113 gelehrt worden ist, den Meridianpunkt sehr nahe aufgefunden und in ihm die Meridiansäule errichtet hat (s. S. 76), so wird es zweckdienlich sein, statt die beiden schwarzen Striche an dieser Säule schon zu ziehen, vorerst nur einen Strich und zwar so zu ziehen, daß er leicht wieder vertilgt werden kann. Dann kommt es darauf an, Beobachtungen zu machen, mit deren Hilfe sich bestimmen läßt, ob der gezogene Strich sich bereits genau in der Richtung der

Mittagslinie befindet oder nicht, und für den letztern Fall, um wie viel Bogensekunden der Strich von dem wahren Meridian nach Osten oder Westen abweicht, d. h. mit andern Worten, wie groß das Azimuth a dieses Striches sein wird.

Diese Bestimmung aber kann nach einer der drei folgenden Methoden geschehen.

Erste Methode. Man wähle einen Circumpolarstern, d. i. einen solchen Fixstern, der, in der Nähe des Polarsterns stehend, niemals untergeht, und beobachte die obere Culmination dieses Sterns am mittelsten Verticalfaden zur Zeit t, die untere Culmination aber zur Zeit t′. Kennt man nun die scheinbare Declination δ des Sterns, und bezeichnet φ die Polhöhe des Beobachtungsortes; so bestimmt sich das Azimuth a durch die Formel

$$a = \frac{15\,(t - t' - 12\ \text{Stund.})\cot\delta}{2\cos\varphi}.$$

Der Polarstern eignet sich hierzu besonders gut. Übrigens ist Nachstehendes wohl zu beachten. Sobald der erste oder westliche Halbkreis von dem Stern in kürzerer Zeit zurückgelegt worden ist, als der zweite oder östliche; so weicht das östliche Ende der horizontalen Drehungsaxe um a Bogensekunden von Osten nach Norden ab, d. h. das Objectivende des Mittagsfernrohrs ist um die Größe a westwärts von dem Punkte, durch den der Strich eigentlich gezogen sein sollte, abgewendet. Ferner wird eine vollkommene Horizontalität der Drehungsaxe vorausgesetzt. Endlich braucht zwar die scheinbare gerade Aufsteigung des Sterns nicht bekannt zu sein, wohl aber muß der 12stündige Gang der anzuwendenden Uhr durchaus ganz regelmäßig stattfinden.

Beispiel. In einem Orte, dessen nördliche Pol-

höhe 52° 26′ ist, wurde den 16. Juli 1826 an einem Passageninstrument die obere Culmination des Polarsterns um 0 Uhr 59 Min. 27,5 Sek., und die untere Culmination um 12 Uhr 58 Min. 34,5 Sek. beobachtet. Die scheinbare Declination des Polarsterns betrug zu jener Zeit + 88° 23′.

Wir haben zuerst:

$$\begin{aligned} \varphi &= 52^\circ\ 26' \\ t &= 0\ \text{St.}\ 59'\ 27'',5 \\ t' &= 12\ \ ,,\ \ 58\ \ 34,\ 5 \\ \delta &= +\ 88^\circ\ 23' \end{aligned}$$

und hiermit, zufolge obiger für a gegebenen Gleichung:

$$\begin{aligned} t &= 0\ \text{St.}\ 59'\ 27'',5 \\ t' &= 12\ \ ,,\ \ 58\ \ 34,\ 5 \\ \hline t - t' &= 12\ \text{St.}\ \ 0'\ 53'',0 \\ 12\ \text{Stund.} &= 12\ \ ,,\ \ 0\ \ 0,\ 0 \\ \hline t - t' - 12\ \text{Stund.} &= 0\ \text{St.}\ \ 0'\ 53'',0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \log 15 &= 1.17609 & \log 2 &= 0.30103 \\ \log (t - t' - 12\ \text{St.}) &= 1.72428 & \log \cos \varphi &= 9.78510 \\ \log \cot \delta &= 8.45061 & & \overline{0.08613} \\ & \overline{1.35098} & & \\ & 0.08613 & & \\ \log a &= \overline{1.26485,} & & \\ \text{mithin } a &= 18'',401. & & \end{aligned}$$

Da nun der westliche Halbkreis von dem Stern in kürzerer Zeit als der östliche Halbkreis war durchlaufen worden, so befand sich der an der Meridiansäule gezogene Strich um 18,40 Bogensekunden westwärts von dem wahren Mittagspunkte, d. h. also: das östliche Ende der horizontalen Drehungsaxe des Mittagsfernrohrs wich um 18,40 Bogensekunden von Osten nach Norden ab.

§. 122. Zweite Methode. Man wähle zwei dem Pole nahe stehende Sterne, deren scheinbare Rectascensionen, ohne auf diese selbst eigentliche Rücksicht zu

nehmen, beinahe um 12 Stunden von einander verschieden sind. Nun mögen t und t′ die resp. Zeiten der obern und untern Culmination des erstern Sterns, T und T′ dagegen die resp. Zeiten der untern und obern Culmination des andern Sterns, ferner φ wie gewöhnlich die Polhöhe des Beobachtungsortes, endlich D und D′ die Polardistanzen des vorangehenden und des nachfolgenden Sterns bezeichnen; so berechne man zuerst die Größen M, N und P nach den Formeln

$$M = t - t' - 12 \text{ Stunden}$$
$$N = T - T' - 12 \text{ Stunden}$$
$$P = \cos \varphi \sin (D' - D)$$

und man erhält alsdann das Azimuth a mittelst der Gleichung

$$a = \tfrac{1}{2}{}^{s} \left(\frac{M - N}{P}\right) \sin D \sin D'.$$

Auch bei Anwendung dieser Methode muß man versichert sein, daß die Uhr einen sehr gleichförmigen Gang habe. Übrigens ist zu bemerken, daß, sobald M größer als N ist, a östlich genommen werden muß.

Beispiel. Am 1. Januar 1828 wurde an einem Orte, dessen geographische Breite $\varphi = 52° 26'$ beträgt, die obere Culmination des Polarsterns um t = 1 U. 0′ 0″,55, die untere Culmination um t′ = 12 U. 58′ 55″,47, ferner die untere Culmination des Sterns Mizar im großen Bären um T = 1 U. 16′ 55″,46 und die obere Culmination um T′ = 13 U. 16′ 58″,16 beobachtet. Für den Polarstern war die scheinbare Polardistanz D = + 1° 36′, für Mizar die scheinbare Polardistanz D′ = + 34° 11′.

Man hat erstlich:

$t - t' = 12$ St. $1'\ 5'',08$	$T - T' = 11$ St. $59'\ 57'',30$
12 St. $= 12$ St. $0\ \ 0,\ 00$	12 St. $= 12$ St. $0\ \ 0,\ 00$
$M = 0$ St. $1'\ 5'',08$	$T - T' - 12$ St. $= -0'\ 2'',70$

$D' - D = + 32^\circ\ 35'$

$M - N = + 0$ St. $1'\ 7'',78 = + 67'',78$;

ferner:

$\log 15 = 1.17609$	$\log \cos \varphi = 9.78510$
$\log (M-N) = 1.83110$	$\log \sin (D'-D) = 9.73121$
$\log \sin D = 8.44594$	$\log P = 9.51631$
$\log \sin D' = 9.74961$	$\log 2 = 0.30103$
1.20274	$\log 2P = 9.81734$
$\log 2P = 9.81734$	
$\log a = 1.38540$	

also $a = 24'',29$.

Da nun M größer als N gefunden, so ist das Azimuth $a = 24,29$ Bogensekunden ein östliches.

§. 123. **Dritte Methode.** Man beobachte die Culminationen t und t' zweier auf einander folgenden Sterne, die beinahe dieselben Rectascensionen α und α', jedoch sehr verschiedene Declinationen δ' und δ haben. Nun berechne man zuerst die Größe Q mittelst der Gleichung:

$$Q = t - t' - \alpha + \alpha'$$

und hierauf, die Polhöhe des Beobachtungsortes wieder durch φ bezeichnend, das Azimuth a durch den Ausdruck

$$a = \frac{15\, Q \cos \delta \cos \delta'}{\cos \varphi \sin (\delta' - \delta)}.$$

Bei Anwendung dieser Methode ist es am besten, zwei Sterne zu wählen, deren Declinationen wenigstens 40 Grad von einander und zwar zugleich so verschieden sind, daß der eine Stern eine nördliche und der andere eine südliche Declination hat.

Beispiel. An dem nämlichen Orte (wie im vorigen Beispiele) beobachtete man am 11. October 1823

die Culminationszeit $\begin{cases} t \text{ von } \beta \text{ des Pegasus} = 22 \text{ St. } 54' \; 17'',8 \\ t' \text{ von } \alpha \text{ d. südl. Fisches} = 22 \;,, \; 47 \;\; 51,\; 5. \end{cases}$

Nun hat man:

	scheinbare Rectascension.	scheinb. Declin.
β des Pegasus	$\alpha = 22$ St. $54' 22'',26$	$\delta' = +27° \;\; 7'$
α des südl. Fisches	$\alpha' = 22 \;,, \; 47 \;\; 55,\; 90$	$\delta \;\; = -30 \;\; 33;$

ferner:

$$t - t' = +0 \text{ U. } 6' \; 26'',30$$
$$-\alpha + \alpha' = -0 \;,, \; 6 \;\; 26,\; 36$$
$$Q = -0 \text{ U. } 0' \;\; 0'',06 = -0'',06,$$

folglich:

$$\begin{array}{rl|rl} \log 15 = & 1.17609 & \log\cos\varphi = & 9.78510 \\ \log Q = & 8.77815 \text{ n} & \log\sin(\delta'-\delta) = & 9.92683 \\ \log\cos\delta = & 9.93510 & & \overline{9.71193} \\ \log\cos\delta' = & 9.94943 & & \\ & \overline{9.83877} \text{ n} & & \\ & 9.71193 & & \end{array}$$

$$\log a = 0.12684 \text{ n, also } a = -1'',339;$$

d. h. der an der Meridiansäule vorläufig gezogene Strich muß, um ganz genau in die Richtung der Mittagslinie zu kommen, um 1,34 Bogensekunden östlicher gestellt werden.

§. 124. Wenn man mittelst einer der drei vorstehenden Methoden den wahren Meridianpunkt an der Mittagssäule gefunden hat; so kann man nun in beliebigem, doch gleichem Abstande von demselben die mehrerwähnten beiden schwarzen Striche ziehen, und es wird dann die Meridianmarke vollkommen eingerichtet sein, so daß man jetzt vor jeder neuen Beobachtung das Mittagsfernrohr auf die beiden schwarzen Striche gehörig einstellen und auf diese Weise sicher berichtigen kann. Übrigens wird es noch sehr zweckdienlich sein, gerade unter den beiden schwarzen Strichen auf derselben Wand eine Nische aushauen zu lassen, um darin ein Reverber

aufzustellen, damit das Mittagsfernrohr sogar des Nachts darauf eingestellt werden kann. Auch versteht es sich von selbst, daß, sobald es die örtliche Lage des Beobachtungsortes erlaubt, es sehr gut ist, auf der Nordseite des Passageninstruments gleichfalls ein Meridianzeichen aufzurichten.

Zwei und zwanzigstes Kapitel.

Verschiedene andere Methoden, den Stand der Uhr aus Beobachtungen scharf zu bestimmen.

§. 125. Gauß hat bereits vor 34 Jahren ein sehr schönes Verfahren angegeben, nach welchem man mit jedem Höheninstrument, namentlich mit einem Spiegelsextanten — derselbe mag eine gute oder schlechte Theilung besitzen — binnen kurzer Zeit den Stand der Uhr gegen Sternzeit (und zugleich auch die Polhöhe des Beobachtungsortes) mit großer Schärfe bestimmen kann. Die Genauigkeit der Resultate hängt nur von der Sorgfalt ab, womit die Berührungen der Bilder beobachtet worden sind: Diese Methode besteht darin, daß man die Zeiten abwartet, wo drei beliebige Fixsterne in Verticalkreisen, welche am Zenith nicht zu spitze Winkel mit einander machen, eine und dieselbe übrigens willkürliche Höhe, die man sogar nicht zu kennen braucht, erreichen. Es seien ferner α, α', α'' die scheinbaren Rectascensionen und δ, δ', δ'' die scheinbaren Declinationen der drei Sterne; d, d′, d″ die drei Uhrzeiten, um welche diese Sterne die gleiche Höhe erreichen, so wie k die Voreilung der Uhr gegen Sternzeit, für alle drei Beobachtungen als gleich angenommen. Liefe jedoch die Uhr langsamer oder schneller als Sternzeit, so könnte man

unter k die Voreilung bei der ersten Beobachtung verstehen, und die beiden andern Zeitmomente gehörig vermehren oder vermindern. Endlich setze man die Polhöhe des Beobachtungsortes $= \varphi$ und $d - \alpha = t$, $d' - \alpha' = t'$, $d'' - \alpha'' = t''$. Man bestimme nun

$$\operatorname{tg} B' = \frac{\operatorname{tg} \frac{1}{2} (t' - t) \cot \frac{1}{2} (\delta' - \delta)}{\operatorname{tg} \frac{1}{2} (\delta' + \delta)}.$$

$$A' = \frac{\sin \frac{1}{2} (t' - t) \cot \frac{1}{2} (\delta' - \delta)}{\sin B'} \text{ od. } A' = \frac{\cos \frac{1}{2} (t' - t) \operatorname{tg} \frac{1}{2} (\delta' + \delta)}{\cos B'}.$$

Der erstere Ausdruck für A' wird genommen, sobald $\sin \frac{1}{2} (t' - t) \cot \frac{1}{2} (\delta' - \delta)$ größer ist als $\cos \frac{1}{2} (t' - t) \operatorname{tg} \frac{1}{2} (\delta' + \delta)$. Der Winkel B' wird so genommen, daß alsdann A' positiv erscheint. Ferner bestimme man auch

$$\operatorname{tg} B'' = \frac{\operatorname{tg} \frac{1}{2} (t'' - t) \cot \frac{1}{2} (\delta'' - \delta)}{\operatorname{tg} \frac{1}{2} (\delta'' + \delta)},$$

$$A'' = \frac{\sin \frac{1}{2} (t'' - t) \cot \frac{1}{2} (\delta'' - \delta)}{\sin B''} \text{ od. } A'' = \frac{\cos (t'' - t) \operatorname{tg} \frac{1}{2} (\delta'' + \delta)}{\cos B''}.$$

Für A'' und B'' gelten dieselben Bemerkungen, wie die für A' und B'.

Man bestimme hierauf den Winkel z aus der Gleichung

$$\operatorname{tang} z = \frac{A'}{A''},$$

so wie die Größen C' und C'' mittelst der Gleichungen

$$C' = \tfrac{1}{2} (t + t') - B'$$
$$C'' = \tfrac{1}{2} (t + t'') - B''$$

und den Winkel p mittelst des Ausdrucks

$$\operatorname{tang} p = \operatorname{tg} (45^\circ - z) \cot \tfrac{1}{2} (C'' - C');$$

so hat man endlich die gesuchte Voreilung k der Uhr gegen Sternzeit nach der Gleichung

$$k = \tfrac{1}{2}(C' + C'') - p.$$

Um zu erfahren, ob die ganze Rechnung richtig ge-

führt worden ist, berechne man die Polhöhe φ des Beobachtungsortes aus den beiden Gleichungen

$$\text{tang}\ \varphi = A' \cos (C' - k)$$
$$\text{tang}\ \varphi = A'' \cos (C'' - k).$$

Stimmen nun beide für φ gefundene Werthe unter einander, so ist weder in den Beobachtungen noch in der Berechnung ein Fehler begangen worden, und man hat jetzt den Stand der Uhr gegen Sternzeit zur Zeit der ersten der drei Beobachtungen sehr genau erhalten.

Ehe die Beobachtungen vorgenommen werden, ist es rathsam, sich darauf vorzubereiten. Es werden sich in jeder Abend- oder Nachtstunde leicht einige größere Sterne auffinden lassen, die kurz nach einander gleiche Höhe über dem Horizonte erreichen. Mittelst eines Globus wird man leicht solche Sterne wählen können. Sind die Zwischenzeiten, in welchen die drei Beobachtungen auf einander folgen müssen, ungefähr bekannt, so werden die Beobachtungen selbst dann leichter gelingen. Man müßte sehr schlecht beobachtet haben, wenn man auf diese Art nicht wenigstens auf ein oder zwei Sekunden den Stand der Uhr erhielte. Durch Verbindung mehrerer Sterne und durch Wiederholung in den nächsten Tagen, wo man die nämlichen Höhen wiederholt observiren kann, wird man es gewiß ermöglichen können, durch Anwendung dieser Methode genaue Resultate zu erlangen.

Um diese Methode zu erläutern, soll hier deren Anwendung durch die Berechnung wirklich angestellter Beobachtungen ausführlich mitgetheilt werden.

Gauß beobachtete den 27. August 1808 auf dem Quecksilberhorizonte mit einem, auf die doppelte Höhe 105° 18′ 55″ gestellten Spiegelsextanten die Sterne α der Andromeda, α des kleinen Bären und α der Leier

an einer genau nach Sternzeit gehenden Pendeluhr. Es waren für diese drei Sterne in gleicher Ordnung:

$\alpha = 23$ St. $58' 33'',3$	$\delta = +28° \; 2' 14'',8$	d = 21 U. $33' 26''$
$\alpha' = 0$ „ $55 \; 4,7$	$\delta' = +88 \; 17 \; 5,7$	d′ = 21 „ 47 30
$\alpha'' = 18$ „ $30 \; 29,0$	$\delta'' = +38 \; 37 \; 6,6$	d″ = 22 „ 5 21

Also

$$t = 21 \text{ U. } 34' \; 52'',7 = 323° \; 43' \; 10'',1$$
$$t' = 20 \text{ „ } 52 \; 25,3 = 313 \; 6 \; 19,5$$
$$t'' = 3 \text{ „ } 34 \; 52,0 = 53 \; 43 \; 0,6.$$

$\frac{1}{2}(t' - t) = -5° \; 18' 25'',3$	$\frac{1}{2}(t'' - t) = -135° \; 0' \; 4'',7$
$\frac{1}{2}(t' + t) = 318 \; 24 \; 44,8$	$\frac{1}{2}(t'' + t) = 188 \; 43 \; 5,3$
$\frac{1}{2}(\delta' - \delta) = 30° \; 7' 25'',5$	$\frac{1}{2}(\delta' - \delta) = 5° 17' 25'',9$
$\frac{1}{2}(\delta'' + \delta) = 58 \; 9 \; 40,2$	$\frac{1}{2}(\delta'' - \delta) = 33 \; 19 \; 40,7$

und, da

$$\log \sin \tfrac{1}{2}(t' - t) = 8.9661069 \text{ n}$$
$$\log \cot \tfrac{1}{2}(\delta' - \delta) = 0.2363974$$
$$\log \cos \tfrac{1}{2}(t' - t) = 9.9981343$$
$$\log \tang \tfrac{1}{2}(\delta' + \delta) = 0.2069331$$
$$\log \sin \tfrac{1}{2}(t'' - t) = 9.8494751 \text{ n}$$
$$\log \cot \tfrac{1}{2}(\delta'' - \delta) = 1.0333869$$
$$\log \cos \tfrac{1}{2}(t'' - t) = 9.8494949 \text{ n}$$
$$\log \text{tg} \tfrac{1}{2}(\delta'' + \delta) = 9.8179461$$

ist, alsdann:

$B' = 354° \; 19' \; 22'',0$	$\log A' = 0.2072029$
$B'' = 266 \; 30 \; 55,1$	$\log A'' = 0.8836657$

$$\log \tang z = 9.3235372$$
$$z = 11° \; 53' \; 41'',3$$
$$C' = -35 \; 54 \; 37,3$$
$$C'' = -77 \; 47 \; 49,8$$
$$45° - z = 33 \; 6 \; 18,7$$
$$\tfrac{1}{2}(C'' - C') = -20 \; 56 \; 36,2$$
$$\tfrac{1}{2}(C'' + C') = -56 \; 51 \; 13,5$$
$$\log \tang p = 0.2313680 \text{ n}$$
$$p = -59° \; 35' \; 14'',7;$$
also endlich $k = +2° \; 44' \; 1'',2.$

Wird dieses in Bogen berechnete k mittelst der IX. Tafel in Zeit verwandelt, so findet man nun $+10' \; 56'',08$,

d. h. die Uhr eilte um 10 Min. 56,08 Sek. der Sternzeit voran.

Um die Rechnung zu prüfen, haben wir zur Bestimmung der Polhöhe mittelst obiger Formeln

$$C' - k = - 38^\circ\ 38'\ 38'',5$$
$$C'' - k = - 80\ \ 31\ \ 51,\ 0;$$

also folgende Rechnung:

$\log A' = 0.2072029$	$\log A'' = 0.8836657$
$\log\cos(C' - k) = 9.8926738$	$\log\cos(C'' - k) = 9.2162109$
$\log\tan\varphi = 0.0998767$	$\log\tan\varphi = 0.0998768$
$\varphi = 51^\circ\ 31'\ 51'',5$	$\varphi = 51^\circ\ 31'\ 51'',5.$

Da nun beide berechnete Polhöhen genau unter einander stimmen, so ist weder in den Beobachtungen noch in der Berechnung ein Fehler vorgefallen. Man hat daher den Stand der Uhr gegen Sternzeit genau gefunden.

Am 25. August stellte Gauß seinen Sextanten auf 105° 19′ 0″ und beobachtete die nämlichen drei Sterne bei den Uhrzeiten

21 U.	33′	29″	für	α der Andromeda
21 „	47	38	„	α des kleinen Bären
22 „	5	22	„	α der Leier.

Hieraus folgt + 10′ 57″,9 als Voreilung der Uhr gegen Sternzeit und 51° 31′ 56″,7 für die Polhöhe des Beobachtungsortes.

§. 126. Die in den Paragraphen 39—42 vorgetragene Bestimmungsart des 24stündigen Ganges einer Uhr gegen Sternzeit mit Hilfe beobachteter Sternverschwindungen erspart zwar, ist einmal der Stand der Uhr gegen Sternzeit aus andern Beobachtungen genau bestimmt worden, die so lästige öftere Wiederholung der letztern Bestimmungsweise. Indessen muß man, wenn nach Verlauf von 18 bis 20 Wochen der Ort der Sterne, deren Verschwindungen beobachtet worden sind, sich merklich ge-

ändert hat, entweder den Fehler der Uhr von neuem durch Beobachtungen direct bestimmen, oder die gefundene und bereits gebrauchte Epoche der Verschwindung eines Sterns auf folgende Weise durch Rechnung verbessern.

Es sei nämlich t die Sternzeit der Verschwindung, α die scheinbare gerade Aufsteigung und δ die scheinbare Abweichung des Sterns für die Epoche der ersten Beobachtung; es sei ferner für eine zweite Epoche, welche 18 bis 20, sogar auch 30 Wochen später nach der ersten Epoche gewählt ist, t′ die Sternzeit der Verschwindung, α' die scheinbare Rectascension und δ' die scheinbare Declination desselben Sterns. Nun ist, wenn man der Kürze wegen $t - \alpha = s$ setzt und durch φ, wie gewöhnlich, die Polhöhe des Beobachtungsortes bezeichnet, die gesuchte Sternzeit t′ durch folgenden Ausdruck zu bestimmen:

$$t' = t + \alpha' - \alpha + \frac{\frac{1}{15}(\delta' - \delta)\sin s}{\cos\delta\,(\operatorname{tg}\varphi\cos\delta - \sin\delta\cos s)}.$$

Beispiel. Um welche Sternzeit t′ verschwand der Stern δ der nördlichen Krone am 6. Septemper 1801, wenn er am 6. September 1800 um 22 Uhr 26 Min. 24,38 Sek. Sternzeit verschwunden war?

Hier liegt die zweite Epoche gar ein volles Jahr später hinter der ersten.

Man hat nun:

$$\begin{array}{rrrr}
t = & 22\text{U}. & 26' & 24'',38 \\
= & 336^\circ & 36' & 5'',70 \\
\varphi = & 53^\circ & 4' & 48'' \\
\alpha' = & 235^\circ & 19' & 5'',7 \\
\alpha = & 235 & 18 & 23,\ 7 \\
\hline
\alpha' - \alpha = & 0^\circ & 0' & 42'',0 = 0\text{ St. } 0'\ 2'',8 \\
s = & 101 & 17 & 42,\ 0 \\
\delta' = & +26 & 41 & 17,\ 8 \\
\delta = & +26 & 41 & 31,\ 0 \\
\hline
\delta' - \delta = & -\ 0^\circ & 0' & 13'',2;\ \frac{1}{15}(\delta' - \delta) = -\,0'',88
\end{array}$$

und daher:

$$\log \tfrac{1}{15}(\delta' - \delta) = 9.94448\ \mathrm{n}$$
$$\log \sin s = 9.99150$$
$$9.93598\ \mathrm{n}$$
$$\log \cos \delta = 9.95106$$
$$\log 1{,}277 = 0.10619$$
$$0.05725$$

$$9.93598\ \mathrm{n}$$
$$0.05725$$
$$\log(-0'',756) = 9.87873\ \mathrm{n}$$
$$\log \mathrm{tg}\ \varphi = 0.12414$$
$$\log \cos \delta = 9.95106$$
$$\log(1{,}189) = 0.07520$$
$$\log \sin \delta = 9.65243$$
$$\log \cos s = 9.29194\ \mathrm{n}$$
$$\log(-0{,}088) = 8.94437\ \mathrm{n}$$

mithin: $t = 22\ \mathrm{U.}\ 26'\ 24'',38$
$\alpha' - \alpha = \quad 2,\ 80$
$\quad - 0,\ 76$

$t' = 22\ \mathrm{U.}\ 26'\ 26'',32;$

d. h. der Stern δ der nördlichen Krone mußte am 6. September 1801 um 22 Uhr 26 Min. 26,32 Sek. Sternzeit verschwinden. Bedient man sich übrigens der mittlern Zeit, so läßt sich durch die schon öfters erwähnte Berechnungsart diese gefundene Sternzeit in die verlangte mittlere Zeit ohne Weiteres übertragen.

§. 127. Will man den Stand oder den Fehler der Uhr zu jeder beliebigen Stunde des Tages sogleich bestimmen, so kann dieß recht gut durch eine einzige Beobachtung der Höhe der Sonne geschehen.

Man beobachte nämlich zur beliebigen Uhrzeit t die Höhe H des obern Randes der Sonne und berechne

$$Z = 90^\circ - H,$$

so ist Z die Zenithdistanz des obern Sonnenrandes. Man bringe an Z den Collimationsfehler c des zur Beobachtung gebrauchten Winkelmessers mit seinem Zeichen an, addire dann die Refraction r hinzu, subtrahire hierauf die Sonnenparallaxe π und addire zuletzt den Sonnenhalbmesser R hinzu. Auf diese Weise erhält man die verbesserte Zenithdistanz z des Mittelpunktes der Sonne. Bedeutet nun δ die Declination der Sonne zur Beobachtungszeit t und φ, wie immer, die Polhöhe des Beobachtungsortes; so kann man dann die, in Bogen ausgedrückte, wahre Sonnenzeit s der Beobachtung durch eine der beiden Gleichungen

$$\sin \tfrac{1}{2} s = \sqrt{\frac{\sin \frac{1}{2} (z - \varphi + \delta) \sin \frac{1}{2} (z + \varphi - \delta)}{\cos \varphi \cos \delta}}$$

$$\cos \tfrac{1}{2} s = \sqrt{\frac{\cos \frac{1}{2} (\varphi + \delta + z) \cos \frac{1}{2} (\varphi + \delta - z)}{\cos \varphi \cos \delta}}$$

finden. In jeder dieser beiden Gleichungen ist δ für südliche Declinationen negativ zu nehmen. Statt der ersten Gleichung muß die zweite angewandt werden, sobald die Beobachtungszeit t nahe 6 Uhr Abends oder nahe 6 Uhr Morgens angestellt wurde.

Beispiel. Zu Kasan wurde im Jahre 1870 den 17. Juni mit einem Spiegelsextanten die doppelte Höhe H = 30° 17 9'' des obern Sonnenrandes um 4 U. 41 Min. 44 Sek. = t beobachtet. Es war mithin Z = 59° 42′ 51″. Den Collimationsfehler des Sextanten fand man — 3′ 40″, d. h. er gab alle beobachteten Winkel um 3′ 40″ zu klein. Man hat daher jetzt folgende Rechnung:

$$
\begin{array}{rl}
Z = & 59^\circ\ 42'\ 51'' \\
\frac{1}{2}c = & \quad +1\ \ 50 \\
\hline
 & 59^\circ\ 44'\ 41'' \\
r = & \quad +1\ \ 37 \\
\hline
 & 59^\circ\ 46'\ 18'' \\
\pi = & -\quad 0\ \ \ 7 \\
\hline
 & 59^\circ\ 46'\ 11'' \\
R = & \ +15\ \ 47 \\
\hline
z = & 60^\circ\ \ 1'\ 58''.
\end{array}
$$

Ferner ist $\varphi = +55^\circ\ 47'\ 39''$
$\delta = +23\ \ 23\ \ 24.$

Da t nahe 6 Stunden, also nahe $= 90^\circ$ war, so ist die zweite der beiden oben stehenden Gleichungen anzuwenden.

$$
\begin{array}{rlll}
\varphi = & 55^\circ & 47' & 39'' \\
\delta = & 23 & 23 & 24 \\
z = & 60 & 1 & 58 \\
\hline
\varphi + \delta + z = & 139 & 13' & 1'',0 \\
\frac{1}{2}(\varphi + \delta + z) = & 69 & 36 & 30,\ 5 \\
\varphi + \delta = & 79 & 11 & 3 \\
z = & 60 & 1 & 58 \\
\hline
\varphi + \delta - z = & 19^\circ & 9' & 5'',0 \\
\frac{1}{2}(\varphi + \delta - z) = & 9 & 34 & 32,\ 5
\end{array}
$$

$$
\begin{array}{rl|rl}
\log\cos\frac{1}{2}(\varphi+\delta+z) = & 9.5421200 & \log\cos\varphi = & 9.7498658 \\
\log\cos\frac{1}{2}(\varphi+\delta-z) = & 9.9939063 & \log\cos\delta = & 9.9627594 \\
\hline
 & 9.5360253 & & 9.7126225 \\
 & 9.7126252 & & \\
\hline
 & 9.8234011 & & \\
\hline
\log\cos\frac{1}{2}s = & 9,9117005 & &
\end{array}
$$

$$
\begin{array}{rlll}
\text{also } \frac{1}{2}s = & 35^\circ & 18' & 42'',2 \\
s = & 70 & 37 & 24,4 \\
\text{d. h. } s = & 4\ \text{St.} & 42' & 29'',63. \\
\text{Es war aber } t = & 4 & 41 & 44,\ 00, \\
\text{also } s - t = & +0\ \text{St.} & 0' & 45'',63,
\end{array}
$$

d. h. die Uhr ging gegen wahre Sonnenzeit um 45'',63 zu spät. — Da aber jede Uhr entweder Sternzeit oder mittlere Sonnenzeit zeigt, so hat man mittelst Anwendung der Zeitgleichung nach bekannter Weise noch zu untersuchen, wie viel die gefundene wahre Sonnenzeit, Sternzeit oder mittlere Sonnenzeit beträgt.

§. 128. Auf ganz ähnliche Weise, nur etwas einfacher, kann man den Fehler der Uhr zu jeder beliebigen Stunde der Nacht mittelst einer einzigen Beobachtung der Höhe eines Fixsterns sofort bestimmen. Die Vereinfachung der Rechnung aber entsteht daher, daß die Correctionen der gemessenen Höhe oder Zenithdistanz wegen Parallaxe und Halbmesser wegfallen, weil die Fixsterne bekanntlich weder eine Parallaxe noch einen Durchmesser zeigen, sobald sie mit nur schwach vergrößernden Fernröhren beobachtet werden. Die Rechnung mittelst einer der beiden, im vorigen §. für $\frac{1}{2}$ s gegebenen, Gleichungen bleibt übrigens ganz dieselbe, nur daß für δ die scheinbare Abweichung des Sterns zu setzen ist. Hat man aber s gefunden, so ist dann, wenn α die scheinbare gerade Aufsteigung des beobachteten Fixsterns bezeichnet, die wirkliche Sternzeit T der Beobachtung nach der Gleichung

$$T = \alpha + s$$

zu bestimmen. In dieser Gleichung müssen α und s in Zeittheilen ausgedrückt sein. Hat man T gefunden, so wird, t mit T verglichen, der Fehler der Uhr endlich gefunden sein.

Beispiel. Am 11. Mai 1819 wurde an einem Orte, dessen Polhöhe 45° 24' 2'',5 beträgt, eine Zenithdistanz des Sterns α im Orion um 10 Uhr 39 Min. 55,5 Sek. einer nach Sternzeit gehenden Uhr beobachtet. Diese beobachtete Zenithdistanz wurde, vom Collimationsfehler des Winkelmessers und von der Refraction befreit, alsdann

$z = 73^\circ\ 4'\ 46'',7$ befunden. Damals betrug des Sterns α im Orion

scheinbare Rectasc. $\alpha = 86^\circ\ 20'\ 30'',0$

scheinbare Decl. $\delta = +7\ \ 21\ \ 56,\ 2.$

Da nun $\varphi = 45^\circ\ 24'\ 2'',5$

und $t = 10$ St. $39'\ 35'',5$,

ferner, wenn die zweite der im vorigen Paragraphen für $\frac{1}{2}$ s gegebenen Gleichungen angewandt werden soll,

$$\begin{aligned}
\varphi + \delta &= 52^\circ\ 45'\ 58'',7 \\
z &= 73\ \ \ 4\ \ 46,\ 7 \\
\varphi + \delta + z &= 125\ \ 50\ \ 45,\ 4 \\
\varphi + \delta - z &= -20\ \ 18\ \ 48,\ 0 \\
\tfrac{1}{2}(\varphi + \delta + z) &= 62\ \ 55\ \ 22,\ 7 \\
\tfrac{1}{2}(\varphi + \delta - z) &= -10\ \ \ 9\ \ 24,\ 0
\end{aligned}$$

ist; so ergiebt sich folgende Rechnung:

$\log\cos\frac{1}{2}(\varphi+\delta+z) = 9.6581908$	$\log\cos\varphi = 9.8464265$
$\log\cos\frac{1}{2}(\varphi+\delta-z) = 9.9931404$	$\log\cos\delta = 9.9964014$
9.6513312	9.8428279
9.8428279	
9.8085033	
$\log\cos\frac{1}{2}s = 9.9042516$	

$$\begin{aligned}
\text{also } \tfrac{1}{2}s &= 36^\circ\ 39'\ 53'',3 \\
s &= 73\ \ 19\ \ 46,\ 6. \\
\text{Nun ist } \alpha &= 86\ \ 20\ \ 30,\ 0 \\
\text{also } \alpha + s &= 159^\circ\ 40'\ 16'',6 \\
\text{und in Zeittheilen} &= 10\text{ St. } 38'\ 41'',11 \\
\text{d. h. } T &= 10\text{ U. } 38'\ 41'',11 \\
\text{Es war aber } t &= 10\ \ \ \ 39\ \ 55,\ 50 \\
\text{also } T - t &= -\ \ 1'\ 14'',39;
\end{aligned}$$

d. h. die Uhr wieß im Augenblick der Beobachtung 1 Min. 14,39 Sek. gegen Sternzeit zu viel.

§. 129. Eine Methode, die Sternzeit aus mehrern, mit dem Spiegelsextanten genommenen, absoluten Sternhöhen zu bestimmen, hat Hansen vorgeschlagen.

Bei Anwendung dieser Methode läßt sich ein Quecksilberhorizont recht gut anwenden, sobald man hierbei nur Nachstehendes befolgt. „Man gebe, damit beide Bilder des Firsterns in voller Ruhe sein können, dem Spiegelsextanten ein einfaches Stativ, stelle alsdann eine Leuchte so hin, daß sie den Quecksilberhorizont ein wenig erleuchtet. Hierdurch wird es möglich gemacht, die im Fernrohr ausgespannten parallelen Fäden gut zu erkennen. Man drehe nun die Ocularröhre so lange um sich selbst herum, bis gedachte Fäden der Sextantenebene möglichst parallel laufen, und stelle endlich den Nonius auf eine gewisse Anzahl von Graden. Jetzt warte man, bis beide Bilder einander vorbei zu gehen scheinen. Sobald sie sich aber nähern, lege man die rechte Hand auf die Gegengewichte des Stativs und bewirke nun durch einen schwachen Druck, daß die Bilder nicht über einander, sondern in einem kleinen Abstande neben einander weggleiten. Es ist mithin der eigentliche Gegenstand des Observirens der Positionswinkel, den eine, beide Bilder verbindende, Linie mit der, den Fäden im Fernrohre parallel laufenden, Verticallinie bildet. Es muß folglich, sobald dieser Positionswinkel gleich 90° ist, die zugehörige Uhrzeit sogleich aufgeschrieben werden, die Uhr aber nahe genug sich befinden, um ihre Schläge zu hören. Hierbei wird von der aufgeschriebenen Uhrzeit an die Zahl der Schläge gezählt, bis der Sekundenzeiger auf 5, 10, 15 Sekunden u. s. f. kommt, und dann werden jene auf Sekunden reducirten Schläge abgezogen.

Ehe man diese Methode zur Zeitbestimmung benutzt, hat man sich Folgendes noch gehörig zu merken. — Wenn der Stern nahe am ersten Verticalkreise und nicht gar zu nahe dem Nordpole stehet, so scheint der oben erwähnte Positionswinkel sich binnen einer Zeitsekunde be-

reits um etliche Grade zu ändern. Daher möchte es rathsam sein, bei dem Polarstern, sobald dieser observirt wird, erst eine gewisse Höhe abzuwarten, falls er dem Meridiane nicht zu nahe ist. Ferner muß die Bestimmung des Collimationsfehlers des Spiegelsextanten gleich vor und nach den Beobachtungen gemacht werden. Zu dieser Bestimmung läßt sich füglich der Mond oder der Jupiter anwenden, sobald einer dieser Himmelskörper gerade sichtbar ist. Endlich ist es sehr gut, den Sextanten, sobald die Ablesung der observirten Sternhöhe geschehen soll, in eine horizontale Lage zu bringen, indem die Gegengewichte des Stativs, ohne den Sextanten selbst zu berühren oder das Stativ zu verrücken, sanft niedergedrückt werden. Denn wenn man nun den Nonius auf einen neuen Grad eingestellt und den Sextanten abermals auf dieselbe Weise in die verticale Lage zurückgebracht hat, so kommen die beiden Bilder des gewählten Sterns von selbst in das Gesichtsfeld des Fernrohrs.

Beispiel. Im Jahre 1821 stellte Hansen am 20. Sept. Beobachtungen mit dem Spiegelsextanten zur Bestimmung der Zeit aus Sternhöhen an. Der Beobachtungsort war Christiania. Zur Bestimmung des Collimationsfehlers des Sextanten maaß er den Durchmesser des Jupiters, wie folgt:

auf des Nullpunkts linker Seite,	auf des Nullpunkts rechter Seite,
0′ 0″	1′ 30″
0 0	1 20
0 0	1 30
Mittel 0′ 0″	Mittel 1′ 26″,7

1′ 26″,7
0 0, 0

Summe 1′ 26″,7

halbe Summe + 0′ 43″,3

Es war daher der Collimationsfehler = + 43″,3. Hierauf wurden vor und nach der Beobachtung des Polarsterns folgende doppelte Höhen des Sterns α in der Leier genommen:

I. Zeit nach dem Chronometer.			II. Doppelte Höhe des Sterns α in der Leier.		
11 U.	17 M.	16,4 S.	96°	10′	0″
11	19	16,0	95	40	0
11	21	14,6	95	10	0
11	22	35,2	94	50	10
11	23	56,0	94	30	0
12	6	30,4	83	50	10
12	7	51,6	83	30	0
12	9	11,6	83	10	0
12	10	32,8	82	50	0

Nimmt man für diesen Stern die scheinbare Rectascension 18 St. 30′ 54″,77 und die scheinbare Declination + 38° 37′ 35″,26 an; so findet man, die Polhöhe von Christiania = + 59° 54, 55″. angenommen, durch Rechnung:

III. Stundenwinkel des Sterns α in der Leier.			IV. Der Chronometer der mittlern Zeit voraus.	
58°	37′	43″,7	+ 49′	38″,08
59	7	42, 5	+ 49	38, 09
59	37	40, 8	+ 49	37, 14
59	57	29, 5	+ 49	38, 70
60	17	37, 7	+ 49	39, 18
70	57	34, 3	+ 49	40, 80
71	17	51, 7	+ 49	41, 06
71	37	59, 8	+ 49	40, 74
71	58	8, 8	+ 49	41, 56

Werden nun aus den 5 ersten und 4 letzten Zahlenreihen in I. und IV. die Mittelgrößen berechnet; so ergiebt sich:

als der Chro- {11 U. 20′51″,64} sein Stand {+49′38″,24}
nom. zeigte {12 8 31, 60} vor mittl. Z. {+49 41, 04},
also in 47′39″,96 Acceleration des Chron. vor mittl. Z. + 0′ 2″,80.

Berechnet man dagegen aus den 5 ersten und 4 letzten Zahlenreihen in I. und III. die Mittelgrößen; so erhält man

Uhrzeit {11 U. 20′51″,64 / 12 8 31, 60} correspond. Stundenwinkl. {59°31′38″,8 / 71 27 53, 6},
Unterschied 47′39″,96 Unterschied 11°56′14″,8
in Sternzeit 47″44′,986
die Uhr giebt an 47 39, 960,
folgl. in 47′39″,96 Retard. geg. Sternz. — 0′ 5″,026.

§. 130. Man kann die Sternzeit auch aus der Beobachtung von Höhen zweier bekannten Sterne in jeder Stunde des Nachts finden.

Es seien h und h′ die beobachteten Höhen beider Sterne, deren scheinbare Rectascensionen α und α', so wie deren scheinbare Declinationen δ und δ' sind. Man bezeichne durch D den Überschuß des Unterschiedes von α und α' über die in Grade verwandelte Zwischenzeit der Beobachtungen.

Man berechne zuerst die Winkel A und A′, B und B′ mittelst der Gleichungen

$$\text{tg}\,(45^\circ + A) = \frac{\sin\frac{1}{2}(h'+\delta')\cos\frac{1}{2}(h'-\delta)\cos\delta}{\sin\frac{1}{2}(h+\delta)\cos\frac{1}{2}(h-\delta)\cos\delta'}$$

$$\text{tg}\,(45^\circ + A') = \frac{\cos\frac{1}{2}(h'+\delta')\sin\frac{1}{2}(h'-\delta')\cos\delta}{\cos\frac{1}{2}(h+\delta)\sin\frac{1}{2}(h-\delta)\cos\delta'}$$

$$\text{tg}\,B = \text{tg}\,A\cot\tfrac{1}{2}D$$

$$\text{tg}\,B' = \text{tg}\,A'\cot\tfrac{1}{2}D;$$

ferner die Größen C und Δ, so wie den Winkel E mittelst der Gleichungen

$$C = B' + B + D$$
$$\Delta = B' - B$$
$$\text{tg}\, E = \frac{\sin(h + \delta)\sin(h - \delta)\sin\Delta}{\cos^2\delta\,\cos\frac{1}{2}(C + \Delta)\cos\frac{1}{2}(C - \Delta)}.$$

Man bestimme alsdann λ aus dem Ausdruck

$$\text{tg}\,(\lambda - \tfrac{1}{2}C) = +\sqrt{\text{tang}\,\tfrac{1}{2}\Delta\ \text{tang}\,(\tfrac{1}{2}\Delta - E)},$$

und φ mittelst der Formel

$$\text{tg}\,(45^\circ - \tfrac{1}{2}\varphi) = \frac{\cos\frac{1}{2}(h + \delta)\sin\frac{1}{2}(h - \delta)\sin\Delta}{\cos\delta\sin\{\lambda - \frac{1}{2}(C - \Delta)\}\cos\frac{1}{2}(C + \Delta)}.$$

Zu erinnern ist, daß für λ zwei Werthe erhalten werden, von welchen man den nehmen muß, der $45^\circ - \frac{1}{2}\varphi$ größer als 45° macht.

Endlich giebt die in Zeit verwandelte Größe $\alpha + \lambda$ den Stand der Uhr, welcher gesucht ward, gegen Sternzeit, φ aber die Polhöhe des Beobachtungsortes.

Beispiel. An einem gewissen Orte wurde am 19. Januar 1809 beobachtet:

22° 27′ 43″ als Höhe des Sterns α im Wallfisch,
und 8 Minuten Sternzeit später:
43° 8′ 11″ als Höhe des Sterns α im Orion.

Es ist nun

$\alpha =$	2°	52′	18″,5	$\alpha' =$	5°	44′	50″,0
$h =$	22	27	43, 0	$h' =$	43	8	11, 0
$\delta =$	+3	20	15, 0	$\delta' =$	+7	21	34, 0
$\frac{1}{2}(h+\delta) =$	12	53	59, 0	$\frac{1}{2}(h'+\delta') =$	25	14	52, 5
$\frac{1}{2}(h-\delta) =$	9	32	44, 0	$\frac{1}{2}(h'-\delta') =$	17	18	18, 5.

Man hat daher folgende Berechnung:

$\log\sin\frac{1}{2}(h'+\delta') =$	9.6299555	$\log\sin\frac{1}{2}(h+\delta) =$	9.4387825
$\log\cos\frac{1}{2}(h'-\delta') =$	9.9784801	$\log\cos\frac{1}{2}(h-\delta) =$	9.9939235
$\log\cos\delta =$	9.9992628	$\log\cos\delta' =$	9.9964075
	9.6076984		9.3391135
	9.3391135		
$\log\text{tg}\,(45^\circ + A) =$	0.2685849		
$45^\circ + A =$	60°10′21″,5		
also $A =$	24 10 21′,5		

$\log\cos\frac{1}{2}(h'+\delta') = 9.9563945$	$\log\cos\frac{1}{2}(h+\delta) = 9.9888987$
$\log\sin\frac{1}{2}(h'-\delta') = 9.4873719$	$\log\sin\frac{1}{2}(h-\delta) = 9.2204183$
$\log\cos\delta = 9.9992628$	$\log\cos\delta' = 9.9964075$
9.4430292	9.2057245
9.2057245	
$\log tg(45^\circ + A') = 0.2373047$	
$45^\circ + A' = 66^\circ\, 21'\, 26'',7$	
also $A' = 21\;\; 21\;\; 26'',7,$	

Ferner mit $D = 41^\circ\; 9'\; 6''$:

$\log tg\, A = 9.4767261$	$\log tg\, A' = 9.4258708$
$\log\cot\frac{1}{2}D = 0.4255127$	$\log\cot\frac{1}{2}D = 0.4255127$
$\log tg\, B = 9.9022388$	$\log tg\, B' = 9.8513835$
also $B = 38^\circ\; 36'\; 18'',1$	$B' = 35^\circ\; 22'\; 57'',2.$

Daher

$B' = 35^\circ\; 22'\; 57'',2$	$B' = 35^\circ\; 22'\; 57'',2$
$B = 38\;\; 36\;\; 18,\; 1$	$B = 38\;\; 36\;\; 18,\; 1$
$D = 41\;\; 9\;\; 6,\; 0$	$\varDelta = -3^\circ\; 13'\; 20'',9$
$C = 115^\circ\; 8'\; 21'',3$	$\frac{1}{2}(C-\varDelta) = 59\;\; 10\;\; 51'',1$
$\frac{1}{2}(C+\varDelta) = 55\;\; 57\;\; 30'',2$	

$\log\sin(h+\delta) = 9.6387112$	$\log\cos^2\delta = 0.2995556$
$\log\sin(h-\delta) = 9.5153718$	$\log\cos\frac{1}{2}(C+\varDelta) = 9.7480289$
$\log\sin\varDelta = 8.7498376\; n$	$\log\cos\frac{1}{2}(C-\varDelta) = 9.7095496$
$7.9039206\; n$	9.7571341
9.7571341	
$\log tg\, E = 8.1467865\; n$	

$$\text{also } E = -\,0^\circ\; 48'\; 11'',90$$
$$\tfrac{1}{2}\varDelta = -\,1\;\; 36\;\; 40,\; 45$$
$$\tfrac{1}{2}\varDelta - E = -\,0\;\; 48\;\; 28,\; 55,$$

folglich

$$\log tg\,\tfrac{1}{2}\varDelta = 8.4491510\; n$$
$$\log tg\,(\tfrac{1}{2}\varDelta - E) = 8.1492802\; n$$
$$16.5984312$$
$$\log tg\,(\lambda - \tfrac{1}{2}C) = 8.2992156,$$
$$\text{daher } \lambda - \tfrac{1}{2}C = +\,1^\circ\; 8'\; 27'',6,$$
$$\text{woraus } \lambda = 58\;\; 42\;\; 38,\; 2$$
$$= 56\;\; 25\;\; 43,\; 0$$
$$\text{und } \lambda - \tfrac{1}{2}(C-\varDelta) = -\;0\;\; 28\;\; 12,\; 9$$
$$= -\;2\;\; 45\;\; 8,\; 1,$$

Um nun zu erfahren, welcher der beiden Werthe von λ hier zu nehmen ist, berechne man zuerst den Werth von $tg\,(45^\circ - \frac{1}{2}\varphi)$, ohne in dem oben für $tg\,(45^\circ - \frac{1}{2}\varphi)$

gegebenen Ausdrucke die Größe sin $[\lambda - \frac{1}{2}(C - \Delta)]$ zu berücksichtigen, da dann log sin $[\lambda - \frac{1}{2}(C - \Delta)]$, damit $45^\circ - \frac{1}{2}\varphi$ kleiner als 45° werde, größer sein muß als der gefundene Logarithmus; nämlich:

$\log\cos\frac{1}{2}(h+\delta) = 9.9888987$	$\log\cos\delta = 9.9992628$
$\log\sin\frac{1}{2}(h-\delta) = 9.2204183$	$\log\cos\frac{1}{2}(C+\Delta) = 9.7480289$
$\log\sin\Delta = 8.7498376$ n	9.7472917
7.9591546 n	
9.7472917	
Summe $= 8.2118629$ n	

Nun ist für den ersten Werth von λ

$$\log\sin[\lambda - \tfrac{1}{2}(C - \Delta)] = 7.1914201,$$

dagegen für den andern Werth von λ

$$\log\sin[\lambda - \tfrac{1}{2}(C - \Delta)] = 8.6813982;$$

folglich gilt, dem Obigen zufolge, hier der zweite Werth von λ, und es wird dann

$$\log tg(45^\circ - \tfrac{1}{2}\varphi) = 9.6304647$$
$$45^\circ - \tfrac{1}{2}\varphi = 18^\circ\ 44'\ 14'',25$$
$$\text{also } \varphi = 52\ \ 31\ \ 31,\ 50,$$
$$\text{folglich auch } \lambda = 56\ \ 25\ \ 43,\ 00.$$
$$\text{Es war aber } \alpha = 2\ \ 52\ \ 18,\ 50$$
$$\text{also } \alpha + \lambda = 59^\circ\ 18'\ 1'',50.$$

Dieß giebt in Zeit = 3 U. 57 Min. 12,07 Sek.,

als den gesuchten Stand der Uhr im Augenblick der erstern Beobachtung; $\varphi = 52^\circ\ 31'\ 31'',5$ ist die Polhöhe des Beobachtungsortes.

§. 131. Sehr oft verhindert die Beschaffenheit der Witterung während eines Tages, correspondirende Sonnenhöhen so zur Zeitbestimmung zu benutzen, wie in den §§. 55—57 vorgetragen worden ist. Dagegen findet sehr oft ein heiterer Nachmittag und Abend statt, dem andern Tag ein heller Morgen und Vormittag folgt. Dann kann man des Nachmittags und des darauf folgenden Vormittags zwei gleiche, d. i. ein Paar correspondirende Sonnenhöhen mit einem Spiegelsextanten beobachten und

den Stand der Uhr im Augenblick der wahren Mitternacht durch eine einfache Rechnung bestimmen.

Bezeichnet nämlich μ die, in Sekunden ausgedrückte, Änderung der Declination δ der Sonne binnen 48 Stunden (wie sie z. B. in dem Berliner astronomischen Jahrbuche von Encke für alle Tage des Jahres angegeben wird), ferner φ die Polhöhe des Beobachtungsortes und M die gesuchte, in Sekunden ausgedrückte, Mitternachtsverbesserung; so erhält man den Werth von M unter Anwendung nachstehender kleinen Tafel sehr bequem mittelst der Gleichung:

$$M = A\,\mu\,\mathrm{tg}\,\varphi - B\,\mu\,\mathrm{tg}\,\delta.$$

Die Werthe der Logarithmen von den, in dieser Gleichung vorkommenden, Größen A und B werden mittelst der halben Zwischenzeit Z beider Beobachtungen in der hier folgenden Tafel aufgesucht. Es verstehet sich bei dem Gebrauche dieser (und jeder andern ihr ähnlichen) Tafel von selbst, daß, wenn die halbe Zwischenzeit Z, welche in der Tafel aufzusuchen ist, dieselbe nicht unmittelbar in dieser angetroffen wird, alsdann die zur gegebenen halben Zwischenzeit gehörigen Werthe von Log A. und Log. B mittelst Proportionsrechnung aus der Tafel interpolirt werden müssen, was übrigens eine sehr einfache und leichte Rechnung ist.

Z.	Log. A.	Log. B.	Z.	Log. A.	Log. B.
6 U. 0′	7.9208	B = 0	8 U. 30′	8.1726	7.9571
5	7.9269	6.2657	35	8.1843	7.9808
10	7.9331	6.5728	40	8.1963	8.0043
15	7.9395	6.7551	45	8.2085	8.0277
20	7.9460	6.8862	50	8.2212	8.0508
25	7.9526	6.9895	55	8.2341	8.0739
30	7.9593	7.0750	9 0	8.2474	8.0969
35	7.9662	7.1484	5	8.2611	8.1199
40	7.9732	7.2129	10	8.2752	8.1428
45	7.9804	7.2706	15	8.2897	8.1658
50	7.9877	7.3231	20	8.3046	8.1889
55	7.9952	7.3712	25	8.3200	8.2121
7 0	8.0028	7.4158	30	8.3359	8.2354
5	8.0106	7.4575	35	8.3524	8.2589
10	8.0186	7.4967	40	8.3693	8.2827
15	8.0267	7.5338	45	8.3869	8.3068
20	8.0350	7.5690	50	8.4051	8.3312
25	8.0435	7.6027	55	8.4241	8.3560
30	8.0521	7.6349	10 0	8.4437	8.3812
35	8.0610	7.6660	5	8.4641	8.4070
40	8.0700	7.6959	10	8.4854	8.4334
45	8.0792	7.7249	15	8.5077	8.4604
50	8.0887	7.7531	20	8.5310	8.4882
55	8.0983	7.7805	25	8.5554	8.5169
8 0	8.1082	7.8072	30	8.5810	8.5466
5	8.1183	7.8333	35	8.6081	8.5775
10	8.1287	7.8589	40	8.6366	8.6096
15	8.1393	7.8840	45	8.6670	8.6433
20	8.1501	7.9087	50	8.6993	8.6787
25	8.1612	7.9330	55	8.7339	8.7162
30	8.1726	7.9571	11 0	8.7711	8.7560

Beispiel. Im Jahre 1822 am 6. April beobachtete man in Mannheim um 1 Uhr 0 Min. 0 Sek. Nachmittags und am 7. April um 10 Uhr 54 Min. 36 Sek. Vormittags eine und dieselbe Höhe der Sonne. Die nördliche Polhöhe von Mannheim beträgt (s. S. 27) 49° 29′ 14″, und aus dem Berliner Jahrbuche für 1822 findet sich

nördliche Declination der Sonne = 6° 31′ 30″
48stündige Änderung derselben = 45′ 14″,4.

Sonnenhöhen begnügen wird. Eben so verstehet es sich von selbst, daß, wenn man auf die so eben erklärte Art den Stand der Uhr für mehrere auf einander folgende Mitternächte bestimmt hat, man alsdann für ebenso viele Tage den 24stündigen Gang der Uhr gegen mittlere Zeit erhalten wird.

§. 132. Eine von Douwes vorgeschlagene Methode, den Fehler der Uhr zu bestimmen, ist folgende.

Man beobachte einen beliebigen Fixstern, der eben sehr nahe am Meridian stehet; der gemessene Zenithabstand sei z. Hierauf beobachte man denselben Fixstern, wenn er nahe am ersten Verticalkreise stehet; der jetzt gemessene Zenithabstand sei z'. Die Zwischenzeit s'—s beider Beobachtungen ist immer bekannt, wenn auch s und s' selbst, d. h. die Stundenwinkel des Sterns in beiden Beobachtungen, unbekannt sind. Sei ferner p die scheinbare Poldistanz des Sterns und $90^\circ - \psi$ die berereits nahe bekannte Polhöhe des Beobachtungsortes. Es sind nun zwei Fälle zu unterscheiden:

1) Wenn bloß auf einer Seite des Meridians beide Beobachtungen angestellt worden sind. Dann ist die Zwischenzeit = s'—s und bekannt; man hat dann zur Bestimmung von s'+s den Ausdruck:

$$\sin \tfrac{1}{2}(s' + s) = \frac{\sin \frac{1}{2}(z'+z) \sin \frac{1}{2}(z'-z)}{\sin \psi \sin p \sin \frac{1}{2}(s'-s)}.$$

2) Wenn die erste Beobachtung auf der einen Seiet und die zweite Beobachtung auf der andern Seite des Meridians angestellt worden ist. Dann ist die Zwischenzeit s'+s und bekannt; man hat dann zur Bestimmung von s'—s den Ausdruck:

$$\sin \tfrac{1}{2}(s' - s) = \frac{\sin \frac{1}{2}(z'+z) \sin \frac{1}{2}(z'-z)}{\sin \psi \sin p \sin \frac{1}{2}(s'+s)}.$$

Ist so s'+s oder s'—s gefunden, so findet man dann die Stundenwinkel s und s' selbst durch die Gleichungen:

$$s = \tfrac{1}{2}(s'+s) - \tfrac{1}{2}(s'-s)$$
$$s' = \tfrac{1}{2}(s'+s) + \tfrac{1}{2}(s'-s).$$

Kennt man so s und s', so läßt sich endlich auch die wirkliche Sternzeit der ersten und zweiten Beobachtung auf bekannte Weise bestimmen, wodurch dann der Stand der Uhr zur Zeit jeder der beiden Beobachtungen offenbar gefunden werden kann.

Am bequemsten ist es, für unsern Zweck statt eines Fixsterns die Sonne zu beobachten.

Beispiel. Man beobachtete im Jahre 1793 den 28. September an einem Orte, dessen bereits nahe bekannte Polhöhe 51° 5′ beträgt, auf derselben Seite des Meridians die Sonne um

21 U. 1′ 19″,2
und 23 37 4, 0

Die verbesserten Zenithabstände des Mittelpunktes der Sonne waren für diese Zeiten:

$$z' = 53^\circ\ 18'\ 48'',2$$
$$z = 63\ \ 26\ \ 39,\ 0.$$

Weil beide Beobachtungen auf derselben Seite des Meridians angestellt sind, so gilt der oben erwähnte erste Fall, und man hat:

$s - s' = (23\ \text{St.}\ 37'\ 4'',0) - (21\ \text{St.}\ 1'\ 19'',2) = 2\ \text{St.}\ 35'\ 44'',8.$

Hierzu müssen 1,7 Sekunden addirt werden, da die angewendete Uhr binnen 24 Stunden um 15″,59 gegen die wahre Zeit nachblieb. Man hat daher:

$$s - s' = 2\ \text{St.}\ 35'\ 46'',50$$
$$\tfrac{1}{2}(s - s') = 1\ ,,\ 17\ \ 53'\ \ 25$$
$$= 19^\circ\ 28'\ 18'',75.$$

Ferner ist $90^\circ - \psi = 51^\circ\ \ 5'\ \ 0''$
also $\psi = 38\ \ 55\ \ 0$

und für die Mitte der beiden Beobachtungen berechnete man

$$p = 87^\circ\ 45'\ 51''.$$

Nun stehet die Rechnung, wie folgt:

$$z = 63^\circ\ 26'\ 39'',0$$
$$z' = 53\ \ 18\ \ 48,\ 2$$
$$z + z' = 116\ \ 45\ \ 27,\ 2$$
$$\tfrac{1}{2}(z + z') = 58\ \ 22\ \ 43,\ 6$$
$$z - z' = 10\ \ 7\ \ 50,\ 8$$
$$\tfrac{1}{2}(z' - z') = 5\ \ 3\ \ 55,\ 4,$$

daher:

$$\log\sin\tfrac{1}{2}(z + z') = 9.9302014$$
$$\log\sin\tfrac{1}{2}(z - z') = 8.9459242$$
$$\overline{8.8761256}$$
$$\log\sin\psi = 9.7980906$$
$$\log\sin p = 9.9996693$$
$$\log\sin\tfrac{1}{2}(s - s') = 9.5228928$$
$$\overline{9.3206527}$$
$$8.8761256$$
$$9.3206527$$
$$\log\sin\tfrac{1}{2}(s + s') = \overline{9.5554729},$$
$$\text{mithin } \tfrac{1}{2}(s + s') = 21^\circ\ 3'\ 32'',8.$$

Man hat daher:

$$s = (21^\circ\ 3'\ 32'',48) + (19^\circ\ 28'\ 18'',75) = 40^\circ 31' 51'',23$$
$$s' = (21\ \ 3\ \ 32,\ 48) - (19\ \ 28\ \ 18,\ 75) = 1\ \ 35\ \ 13,73;$$

d. h. $s = 2$ St. $42'\ \ 7'',41$
$s' = 0$ „ $6\ \ 20,\ 92$

und folglich die wahren Sonnenzeiten beider Beobachtungen:

24 St. — (2 St. 42′ 7″,41) = 21 U. 17′ 52″,59
24 St. — (0 St. 6′ 20″,92) = 23 U. 53′ 39″,08.

Es waren aber

die beob. Uhrzeiten	die berechn. Uhrzeiten.	daher Fehler der Uhr geg. d. wahre Sonnenz.
21 U. 1′ 19″,2	21 U. 17′ 52″,6	—0 U. 16′ 33″,4
23 37 4, 0	23 53 39, 1	—0 U. 16 35, 1,

daher im Mittel — 0 St. 16′ 34″,25; um so viel nämlich ging die Uhr zur Zeit der Mitte der Beobachtungen gegen die wahre Sonnenzeit zu spät.

Anmerkung. Die so eben vorgetragene Beobachtungs- und Berechnungsmethode läßt zugleich auch, sobald es verlangt wird, die wahre Polhöhe P des Beobachtungsortes und zwar durch folgende Rechnungsweise finden.

Man bestimme die beiden Hilfsgrößen x und w mittelst der Gleichungen

$$\tang x = \cos s \operatorname{tg} p$$

$$\cos (w - x) = \frac{\cos z \cos x}{\cos p}.$$

Dann ist

$$P = 90^\circ - w.$$

Für obiges Beispiel steht die Rechnung also:

$$\begin{aligned}
\log \cos s &= 9.8808454 \\
\log \operatorname{tg} p &= 1.4084627 \\
\hline
\log \operatorname{tg} x &= 1.2893081 \\
\text{also } x &= 87^\circ\ 3'\ 33'',92 \\
\log \cos z &= 9.6503752 \\
\log \cos x &= 8.7101164 \\
\hline
& \ 8.3604916 \\
\log \cos p &= 8.5912066 \\
\hline
\log \cos (w - x) &= 9.7692850 \\
\text{daher } w - x &= 53^\circ\ 59'\ 37'',10 \\
x &= 87\ \ \ 3\ \ 33,\ 92 \\
\hline
w &= 141^\circ\ \ 3'\ 11'',02, \\
\text{d. h. } w &= 38^\circ\ 56'\ 48'',98, \\
\text{folglich } P &= 51\ \ \ 3\ \ 11,\ 02,
\end{aligned}$$

d. h. die wahre Polhöhe des Beobachtungsortes beträgt 51° 3′ 11″.

Drei und zwanzigstes Kapitel.

Von der Bestimmung des Unterschieds der Uhrzeiten im wahren Mittage zweier Orte.

§. 133. Wir haben bereits im §. 24 erkläret, was die geographische Länge eines Ortes, der erste Meridian und der geographische Längenunterschied zweier Orte ist. Es ist auch am Ende des §. 24 eine Tabelle mitgetheilt, in welcher die in Zeit ausgedrückte Länge von Berlin der wichtigsten Sternwarten in und außer Europa, den neuesten und genauesten Bestimmungen zufolge, angegeben ist. So erfährt man mittelst dieser Tabelle, daß z. B. die Länge Breslau's von Berlin — 0 St. 14 M. 34,5 S. beträgt, d. h. wenn es in Berlin wahrer Mittag 12 Uhr ist, so ist es in Breslau schon 14 Min. 34,5 Sek. über 12 Uhr Mittag hinaus; für Leipzig findet man in jener Tabelle + 0 St. 4′ 6″,0, d. h. im Augenblicke des wahren Mittags zu Berlin ist es in Leipzig erst 11 Uhr 55 M. 54 Sek. Es läßt sich aber bekanntlich der Unterschied der Uhrzeiten im wahren Mittage zweier Orte sehr genau und zugleich bequem durch den Gebrauch ganz guter Chronometer bestimmen. Denn durch zwei solcher Uhren ist man im Stande, die Zeiten zweier Orte offenbar direct mit einander zu vergleichen und hieraus sofort die gesuchte Meridiandifferenz zu bestimmen.

§. 134. Aber diese Vergleichungen können jedoch wegen der veränderlichen Länge des wahren Sonnentages nicht nach wahrer Zeit angestellt, sondern alle Zeitbestimmungen müssen erst auf mittlere reducirt werden. Kennt man den Mittagsunterschied oder die sogenannte Meridiandifferenz zweier Orte A und B sehr zuverlässig, so ist man dann leicht auch im Stande, ohne Weiteres und

zu jeder beliebigen Stunde, den Stand oder Fehler einer Uhr im Orte B, wo man wohnt, sicher zu erfahren, sobald man sich nach dem Orte A begiebt, wo die Zeit öfters aus sehr genau angestellten astronomischen Beobachtungen ganz zuverlässig, und zwar fast täglich, hergeleitet wird. Dort stellt man einen guten Chronometer auf die richtige Ortszeit von A, und kehrt alsdann nach B zurück, wo man unter gehöriger Berücksichtigung des Mittagsunterschieds beider Orte A und B sofort erfahren kann, welche Zeit es in B genau sein muß. Es liege, um dieß durch ein Beispiel zu erläutern, der Ort B um 3′ 36″,7 in Zeit westlicher als der Ort A. Zeigt nun ein in A richtig gestellter und dann nach B gebrachter Chronometer

4 Uhr 48 Min. 3 S.,

eine Pendeluhr in B in demselben Augenblicke aber

4 Uhr 44 Min. 21 Sek.,

so hat man folgende kleine Berechnung:

Der von A nach B gebrachte, die Zeit von A weisende Chronometer zeigt	4 U.	48′	3″,0
Mittagsunterschied von A und B ist	0 „	3	36, 7
also sollte es sein in B	4 U.	44′	26″,3
die Pendeluhr in B aber zeigt . .	4 „	44	21, 0
folgl. geht die Pendeluhr in B nach um	0 St.	0′	5″,3;

d. h. der Fehler der Pendeluhr in B beträgt 5,3 Sekunden gegen die wahre Ortszeit von B.

Es geht hieraus hervor, wie man, ohne Instrumente und ohne astronomische Beobachtungen, stets seine Uhr richtig stellen kann, sobald man nur nicht zu weit von einem Orte sich aufhält, wo man einen Chronometer auf die daselbst astronomisch bestimmte Ortszeit stellen und alsdann nach seinem Wohnorte zurückbringen kann, um

nun mit Berücksichtigung des genau bekannten Mittagsunterschiedes den Stand der Uhren in seinem Wohnorte ganz zuverlässig zu erfahren.

§. 135. Es wird für die Besitzer dieses Buches gewiß interessant, ja sogar bisweilen auch nothwendig sein, zu erfahren, wie man in dem Falle, daß man an einem Orte wohnt, dessen Mittagsunterschied von einer der nächstgelegenen Sternwarten noch nicht bestimmt oder bekannt ist, diesen Mittagsunterschied auf eine sehr genaue Weise ermitteln und feststellen könne. Dieses Verfahren besteht nämlich in der Anwendung von Pulversignalen.

Die Pulversignale bestehen in dem Losbrennen einer geringen Menge von Schießpulver in freier Luft während der Nachtzeit. Dieß geschieht aber am besten auf folgende Art. Das Pulver wird völlig frei auf einen flachen Stein geschüttet und mit einem Zündlicht, dem weder Nässe noch Wind schaden kann, losgebrannt. Das Zündlicht selbst wird kurz vor dem Versuche an eine brennende Lunte gesteckt, nach dem Abbrennen des Pulvers aber das noch brennende Ende desselben mit einer Scheere abgeschnitten. Das Losbrennen des Pulvers nach der verabredeten Sekunde wird vielleicht am besten so gerathen: Es zähle eine Person die Sekundenschläge der Pendeluhr (oder des Chronometers) laut vor. So wie nun die verabredete Sekunde des Losbrennens ausgesprochen wird, tippe man mit der Zündruthe, welche man schon in der Hand hält, auf das Pulver, das sich jetzt augenblicklich entzündet. Es ist stets gut und rathsam, die Pulversignale auf ein bestimmtes Moment zu geben, damit der Beobachter von dem Feuerblitz nicht unerwartet getroffen, oder durch zu langes Warten vergeblich ermüdet werde. Doch schaden selbst einige Sekunden früher oder

später gar nichts, weil es offenbar bloß auf den Unterschied der observirten Uhrzeiten ankommt. — Die Menge des Schießpulvers richtet sich nach der Größe der Entfernungen. Man kann z. B die Flamme von 4 bis 6 Loth auf 8 bis 10 Meilen weit in dunkler Nacht und mit bloßen Augen deutlich wahrnehmen. Auf die Beschaffenheit des Pulvers kommt es weniger, mehr dagegen auf die Zeit und den Zustand der Atmosphäre an. So sind dunkele Nächte, mit durchsichtiger nebelloser Luft, um die Zeit des Neumondes unstreitig der Sichtbarkeit der Flamme am zuträglichsten.

Was ferner die Signale selbst anbelangt, so giebt man sie gewöhnlich von 5 zu 5 oder von 10 zu 10 Minuten; ihr Anzünden kann füglich von einem Gehilfen geschehen. Wenn es die Umstände erlauben, so gebe man die Signale auf einer Höhe, welche zwischen den beiden Stationen liegt, deren Meridiandifferenz bestimmt werden soll. Denn hierdurch gewinnt man das doppelte der Sehweite und zugleich den wichtigen Vortheil, den Augenblick der stärksten Flamme gleichzeitiger zu erblicken.

Während endlich an den beiden Endpunkten, als den eigentlichen Hauptstationen, eine ganz scharfe Zeitbestimmung die unerläßlichste Bedingung ist, braucht man auf den Zwischenstationen, wenn deren mehr als eine angenommen worden sind, offenbar nur den 24stündigen Gang der Uhr zu wissen. Eigentlich können auf diesen Zwischenstationen alle astronomischen Beobachtungen wegen Erforschung des Ganges der Uhr ganz entbehrt werden, weil die Pulversignale selbst ein einfaches und sicheres Mittel abgeben, den Gang der Uhr, sobald nur diese selbst gleichförmig gehet, auf jeder Zwischenstation zu bestimmen. Denn heißen die Letzteren der Reihe nach

A, B, C, D, E, F u. s. w.,

ist ferner T die Sternzeit in A, T_1 die in C des in B gegebenen Signals, T_2 die Sternzeit in C und T_3 die in D des in C gegebenen Signals, ferner T_4 die Sternzeit in D und T_5 die in F des in E gegebenen Signals u. s. f., so ist der gesuchte Mittagsunterschied M der beiden Hauptstationen alsdann:

$$M = T - (T_1 - T_2) - (T_3 - T_4) - (T_5 - T_6) - \ldots\ldots$$

Hieraus geht also hervor, daß man nur die Unterschiede

$$T_1 - T_2$$
$$T_3 - T_4$$
$$T_5 - T_6$$
u. s. w.

der Sternzeiten, mithin auch bloß den Gang der Uhren auf den Zwischenstationen zu wissen braucht.

Anmerkung. Es können auch, und dieß geschieht am häufigsten, statt Sternzeiten, wahre Zeiten angewandt werden.

§. 136. Erstes Beispiel. Im Jahre 1830 wurden am 29. und 30. April des Morgens und Abends, auf einem zwischen A und B gelegenen Berge Pulversignale gegeben, die man auf der Sternwarte in A und auf dem Thurme in B beobachtete, wie folgt:

Tag.	Wahre Zeit in A.	Wahre Zeit in B.	Meridiandiff.
	U. M. S.	U. M. S.	
29. April	4 26 50,27	4 31 51,22	4′ 60″,95
Morgens	4 29 40,36	4 34 41,15	4 60, 29
	4 32 38,92	4 37 39,09	4 60, 17
	4 35 34,31	4 40 35,03	4 60, 72
	4 38 25,71	4 43 25,96	4 60, 25
	4 41 40,34	versäumt	
		Mittel:	4′ 60″,576 in Zeit.

Tag.	Wahre Zeit in A.	Wahre Zeit in B.	Meridiandiff.
	U. M. S.	U. M. S.	
29. April Abends.	7 43 36,53	7 48 37,40	4′ 60″,87
	7 46 27,83	7 51 28,84	4 61, 01
	7 49 27,14	7 54 27,27	4 60, 13
	7 52 12,61	7 57 12,46	4 59, 85
	7 55 11,52	7 60 12,64	4 61, 12
	7 58 0,53	7 63 1,58	4 61, 05
		Mittel:	4′ 60″,671 in Zeit.

Tag.	Wahre Zeit in A.	Wahre Zeit in B.	Meridiandiff.
	U. M. S.	U. M. S.	
30. April Morgens.	4 27 41,33	4 32 41,71	4′ 60″,38
	4 30 23,09	4 35 24,15	4 61, 06
	4 33 15,36	4 38 16,09	4 60, 73
	4 36 7,62	4 41 8,02	4 60, 40
	4 38 56,14	4 43 56,46	4 60, 32
	4 41 52,16	4 46 51,90	4 59, 74
		Mittel:	4′ 60″,438 in Zeit.

Tag.	Wahre Zeit in A.	Wahre Zeit in B.	Meridiandiff.
	U. M. S.	U. M. S.	
30. April Abends.	7 40 4,63	7 45 4,77	4′ 60″,14
	7 42 56,64	7 47 56,71	4 60, 07
	7 45 53,65	7 50 53,65	4 59, 99
	7 48 46,09	7 53 45,58	4 59, 49
	7 51 39,93	7 56 39,51	4 59, 58
	7 54 34,11	7 59 33,95	4 59, 84
		Mittel:	4′ 59″,852 in Zeit.

Es sind daher die gefundenen 4 Mittel:

4′ 60″,576
4 60, 671
4 60, 438
4 59, 852

und hieraus als Mittel: 4′ 60″,384 aller Beobachtungen.

Es beträgt daher der, aus diesen 23 gegebenen und observirten Pulversignalen, abgeleitete, Mittagsunterschied zwischen A und B: 0 Stund. 5 Min. 0,38 Sek.

Zweites Beispiel. Im Jahre 1832 wurden am 26. Mai in der unmittelbaren Nähe von C, 6 Meilen von A, Pulversignale zur Bestimmung der Meridiandifferenz zwischen A und C gegeben.

Es waren im Mittel aus den Angaben dreier Beobachter die Uhrzeiten der Beobachtungen zu A:

11 U.	57 M.	47,95 S.
11	58	47,97
11	59	47,80,

woraus sich die des Ortes A Sternzeiten

11 U.	57 M.	59,07 S.
11	58	59,09
11	59	58,90

ergaben. Ferner wurden in C diese Signale im Mittel aus den Angaben zweier Beobachter wahrgenommen um

9 U.	3 M.	5,0 S.	d. Ortes C Uhrz.
9	4	5,5	
9	5	5,0.	

Am 4. Mai gab die Uhr im wahren Mittage	11 U.	58′	43″,0
„ 5. „ „ „ „ „ „ „	11	58	37, 1
„ 6. „ „ „ „ „ „ „	11	58	29, 8
„ 7. „ „ „ „ „ „ „	11	58	22, 3;
folglich Sternzeit in C	11	57	25, 7
	11	58	26, 3
	11	59	26, 0

und Meridiandifferenz	0	0	33,37
	0	0	32,79
	0	0	32,90
daher im Mittel:	0 St.	0 M.	30,02 S.,

d. h. der Mittagsunterschied zwischen A und C ergiebt sich aus diesen Beobachtungen:

0 St. 0 Min. 30,02 Sek.

Schlußbemerkung. Die Beobachtung von Mondsfinsternissen und Jupiterstrabanten-Verfinsterungen an zwei verschiedenen Orten geben bekanntlich ebenfalls ein sehr bequemes, jedoch minder genaues Mittel an die Hand, den Mittagsunterschied dieser beiden Beobachtungsorte zu bestimmen. Namentlich werden zur Auffindung der sogenannten Meereslänge die fast täglich vorfallenden Jupiterstrabanten-Verfinsterungen noch jetzt von den Schiffern häufig beobachtet.

Anhang.

Elf Hilfstafeln.

I. bis XI. Tafel.

I. Tafel.

Mon.	Tag.	M. Z.	Mon.	Tag.	M. Z.	Mon.	Tag.	M. Z.
		U. M.			U. M.			U. M.
Jan.	1— 2.	12 4	Apr.	22—27.	11 58	Spt.	23—25.	11 52
—	3— 4.	12 5	—	28—30.	11 57	—	26—28.	11 51
—	5— 6.	12 6	Mai.	1— 5.	11 57	—	29—30.	11 50
—	7— 9.	12 7	—	6—24.	11 56	Oct.	1.	11 50
—	10—11.	12 8	—	25—31.	11 57	—	2— 5.	11 49
—	12—14	12 9	Jun.	1— 2.	11 57	—	6— 8.	11 48
—	15—17.	12 10	—	3— 7.	11 58	—	9—12.	11 47
—	18—20.	12 11	—	8—13.	11 59	—	13—17.	11 46
—	21—24.	12 12	—	14—17.	12 0	—	18—23.	11 45
—	25—29.	12 13	—	18—22.	12 1	—	24—31.	11 44
—	30—31.	12 14	—	23—27.	12 2	Nov.	1—13.	11 44
Febr.	1— 7.	12 14	—	28—30.	12 3	—	14—18.	11 45
—	8—14.	12 15	Juli.	1— 2.	12 3	—	19—22.	11 46
—	15—24.	12 14	—	3— 7.	12 4	—	23—26.	11 47
—	25—28.	12 13	—	8—15.	12 5	—	27—29.	11 48
Mrz.	1.	12 13	—	16—31.	12 6	—	30.	11 49
—	2— 6.	12 12	Aug.	1— 6.	12 6	Dec.	1.	11 49
—	7—10.	12 11	—	7—13.	12 5	—	2— 4.	11 50
—	11—14.	12 10	—	14—18.	12 4	—	5— 6.	11 51
—	15—17.	12 9	—	19—23.	12 3	—	7— 9.	11 52
—	18—20.	12 8	—	24—26.	12 2	—	10—11.	11 53
—	21—24.	12 7	—	27—30.	12 1	—	12—13.	11 54
—	25—27.	12 6	—	31.	12 0	—	14—15.	11 55
—	28—30.	12 5	Spt.	1— 2.	12 0	—	16—17.	11 56
—	31.	12 4	—	3— 5.	11 59	—	18—19.	11 57
Apr.	1— 2.	12 4	—	6— 8.	11 58	—	20—21.	11 58
—	3— 6.	12 3	—	9—11.	11 57	—	22—23.	11 59
—	7— 9.	12 2	—	12—14.	11 56	—	24—25.	12 0
—	10—13.	12 1	—	15—17.	12 55	—	26—27.	12 1
—	14—17.	12 0	—	18—20.	12 54	—	28—29.	12 2
—	18—21.	11 59	—	21—22.	12 53	—	30.	12 3
						—	31.	12 4

II. Tafel.

Min.	46°	47°	48°	49°	50°	51°	52°	53°	54°
0	1.04	1.07	1.11	1.15	1.19	1.23	1.28	1.33	1.38
5	1.04	1.08	1.11	1.15	1.20	1.24	1.28	1.33	1.38
10	1.04	1.08	1.12	1.16	1.20	1.24	1.29	1.34	1.38
15	1.05	1.08	1.12	1.16	1.20	1.25	1.29	1.34	1.39
20	1.05	1.08	1.12	1.16	1.21	1.25	1.30	1.34	1.39
25	1.05	1.09	1.13	1.17	1.21	1.25	1.30	1.35	1.40
30	1.05	1.09	1.13	1.17	1.21	1.26	1.30	1.35	1.40
35	1.06	1.09	1.13	1.17	1.22	1.26	1.31	1.36	1.40
40	1.06	1.10	1.14	1.18	1.22	1.26	1.31	1.36	1.41
45	1.06	1.10	1.14	1.18	1.22	1.27	1.31	1.36	1.41
50	1.07	1.10	1.14	1.18	1.23	1.27	1.32	1.37	1.42
55	1.07	1.11	1.15	1.19	1.23	1.28	1.32	1.37	1.42

III. Tafel.

Halbe Zwischenz.		A.	B.	Halbe Zwischenz.		A.	B.
U.	M.			U.	M.		
1	10	— 0,0054	0,0051	3	10	— 0,0060	0,0040
1	20	— 0,0054	0,0051	3	20	— 0,0060	0,0039
1	30	— 0,0054	0,0050	3	30	— 0,0061	0,0037
1	40	— 0,0055	0,0050	3	40	— 0,0062	0,0036
1	50	— 0,0055	0,0049	3	50	— 0,0063	0,0034
2	0	— 0,0056	0,0048	4	0	— 0,0064	0,0032
2	10	— 0,0056	0,0047	4	10	— 0,0065	0,0030
2	20	— 0,0057	0,0046	4	20	— 0,0066	0,0028
2	30	— 0,0057	0,0045	4	30	— 0,0068	0,0026
2	40	— 0,0058	0,0044	4	40	— 0,0069	0,0024
2	50	— 0,0058	0,0043	4	50	— 0,0070	0,0021
3	0	— 0,0059	0,0042	5	0	— 0,0072	0,0019

IV. Tafel.

Aa.	C.	Aa.	C.	Aa.	C.	Aa.	C.
0° 0′	0,00	1° 0′	0,02	2° 0′	0,03	3° 0′	0,05
0 10	0,00	1 10	0,02	2 10	0,04	3 10	0,06
0 20	0,01	1 20	0,02	2 20	0,04	3 20	0,06
0 30	0,01	1 30	0,03	2 30	0,04	3 30	0,06
0 40	0,01	1 40	0,03	2 40	0,05	3 40	0,06
0 50	0,01	1 50	0,03	2 50	0,05	3 50	0,07

Aa.	C.	Aa.	C.	Aa.	C.	Aa.	C.
4° 0′	0,07	9° 0′	0,16	14° 0′	0,25	19° 0′	0,34
4 10	0,07	9 10	0,16	14 10	0,25	19 10	0,35
4 20	0,08	9 20	0,16	14 20	0,26	19 20	0,35
4 30	0,08	9 30	0,17	14 30	0,26	19 30	0,35
4 40	0,08	9 40	0,17	14 40	0,26	19 40	0,36
4 50	0,08	9 50	0,17	14 50	0,26	19 50	0,36
5 0	0,09	10 0	0,18	15 0	0,27	20 0	0,36
5 10	0,09	10 10	0,18	15 10	0,27	20 10	0,37
5 20	0,09	10 20	0,18	15 20	0,27	20 20	0,37
5 30	0,10	10 30	0,19	15 30	0,28	20 30	0,37
5 40	0,10	10 40	0,19	15 40	0,28	20 40	0,38
5 50	0,10	10 50	0,19	15 50	0,28	20 50	0,38
6 0	0,11	11 0	0,19	16 0	0,29	21 0	0,38
6 10	0,11	11 10	0,20	16 10	0,29	21 10	0,39
6 20	0,11	11 20	0,20	16 20	0,29	21 20	0,39
6 30	0,11	11 30	0,20	16 30	0,30	21 30	0,39
6 40	0,12	11 40	0,21	16 40	0,30	21 40	0,40
6 50	0,12	11 50	0,21	16 50	0,30	21 50	0,40
7 0	0,12	12 0	0,21	17 0	0,31	22 0	0,40
7 10	0,13	12 10	0,22	17 10	0,31	22 10	0,41
7 20	0,13	12 20	0,22	17 20	0,31	22 20	0,41
7 30	0,13	12 30	0,22	17 30	0,32	22 30	0,41
7 40	0,13	12 40	0,22	17 40	0,32	22 40	0,42
7 50	0,14	12 50	0,23	17 50	0,32	22 50	0,42
8 0	0,14	13 0	0,23	18 0	0,32	23 0	0,42
8 10	0,14	13 10	0,23	18 10	0,33	23 10	0,43
8 20	0,15	13 20	0,24	18 20	0,33	23 20	0,43
8 30	0,15	13 30	0,24	18 30	0,33	23 30	0,43
8 40	0,15	13 40	0,24	18 40	0,34		
8 50	0,16	13 50	0,25	18 50	0,34		

V. Tafel.

Tag.	Aa.	Bb.	Tag.	Aa	Bb.
1. Jan.	— 23° 3′	577	1. Fbr.	— 17° 12′	2037
6. —	— 22 33	849	6. —	— 15 44	2208
11. —	— 21 52	1109	11. —	— 14 8	2361
16. —	— 21 1	1358	16. —	— 12 27	2489
21. —	— 19 59	1582	21. —	— 10 41	2600
26. —	— 18 48	1807	26. —	— 8 51	2685
31. —	— 17 29	2000	3. Mrz.	— 6 58	2754

Tag.	Aa.	Bb.	Tag.	Aa.	Bb.
8. Mrz.	— 5° 2′	2805	5. Aug.	17° 7′	— 1936
13. —	— 3 4	2831	10. —	15 43	— 2094
18. —	— 1 6	2844	15. —	14 13	— 2239
23. —	0 52	2838	20. —	12 37	— 2366
28. —	2 50	2812	25. —	10 56	— 2477
2. Apr.	4 47	2773	30. —	9 11	— 2576
7. —	6 41	2710	4. Spt.	7 22	— 2655
1[illegible]. —	8 32	2630	9. —	5 30	— 2716
17. —	10 20	2541	14. —	3 35	— 2767
22. —	12 4	2432	19. —	1 39	— 2799
27. —	13 42	2301	24. —	— 0 17	— 2812
2. Mai	15 15	2167	29. —	— 2 14	— 2805
7. —	16 42	2000	4. Oct.	— 4 11	— 2786
12. —	18 2	1828	9. —	— 6 6	— 2748
17. —	19 14	1641	14. —	— 8 0	— 2692
22. —	20 18	1439	19. —	— 9 50	— 2612
27. —	21 44	1225	24. —	— 11 37	— 2518
1. Juni	22 0	1000	29. —	— 13 20	— 2390
6. —	22 37	766	3. Nov.	— 14 57	— 2265
11. —	23 4	525	8. —	— 16 28	— 2109
16. —	23 21	281	13. —	— 17 52	— 1932
21. —	23 28	33	18. —	— 19 9	— 1738
26. —	23 24	— 215	23. —	— 20 17	— 1521
1. Juli	23 10	— 460	28. —	— 21 15	— 1288
6. —	22 45	— 700	3. Dec.	— 22 4	— 1038
11. —	22 11	— 933	8. —	— 22 42	— 776
16. —	21 28	— 1159	13. —	— 23 9	— 505
21. —	20 35	— 1371	18. —	— 23 24	— 225
26. —	19 34	— 1574	23. —	— 23 27	— 58
31. —	18 24	— 1762	28. —	— 23 19	340

VI. Tafel.

A.	0°, 1°	2°, 3°	4°, 5°, 6°	88° 60′	88° 22′
34°	0.56	0.56	0.56	19.2	19.6
36	0.59	0.59	0.59	20.0	20.5
38	0.62	0.62	0.62	20.9	21.4
40	0.64	0.64	0.64	21.8	22.2
42	0.67	0.67	0.67	22.6	23.1
44	0.69	0.69	0.69	23.5	24.0
46	0.72	0.72	0.72	24.3	24.9
48	0.74	0.74	0.74	25.2	25.8
50	0.77	0.77	0.77	26.1	26.6
52	0.79	0.79	0.79	26.9	27.5
54	0.81	0.81	0.81	27.8	28.4

A.	88° 24′	88° 26′	88° 28′	88° 30′	88° 32′
34°	20.0	20.4	20.9	21.3	21.8
36	20.9	21.3	21.8	22.3	22.8
38	21.8	22.2	22.8	23.2	23.8
40	22.7	23.1	23.7	24.1	24.7
42	23.6	24.0	24.6	25.1	25.7
44	24.5	25.0	25.6	26.1	26.7
46	25.4	25.9	26.5	27.0	27.7
48	26.3	26.8	27.4	28.0	28.7
50	27.2	27.7	28.3	29.0	29.6
52	28.1	28.6	29.3	30.0	30.6
54	29.0	29.5	30.2	30.9	31.6

VII. Tafel.

Jahr.	A. St.	A. M.	A. S.	Monat.	B. St.	B. M.	B. S.	Reduction.	S.
1839	18	37	50,0	0 Februar	2	2	13,2	Berlin	— 7,3
1840	18	40	49,6	0 März	3	52	36,8	Bremen	— 4,2
1841	18	39	52,6	0 April	5	54	50,0	Göttingen	— 5,0
1842	18	38	55,6	0 Mai	7	53	6,6	Leipzig	— 6,6
1843	18	37	58,4	0 Juni	9	55	19,9	Seeberg	
1844	18	40	57,7	0 Juli	11	53	36,5	bei Gotha	— 5,1
1845	18	40	0,2	0 August	13	55	49,7	Wien	— 92
1846	18	39	2,7	0 Sptmbr.	15	58	3,0		
1847	18	38	5,1	0 October	17	56	19,6		
1848	18	41	4,0	0 November	19	58	32,6		
1849	18	40	6,3	0 December	21	56	49,5		

VIII. Tafel.

Tage des Jan. u. Februar im Schaltj.	Tage in gemeinen Jahren	C.			Stunden.	c.		Minuten.	c.	Minuten.	c.
		St.	M.	S.		M.	S.		S.		S.
1	0	0	0	0,0	24	3	55,9	60	9,8	30	4,9
2	1	0	3	56,6	23	3	46,1	59	9,7	29	4,8
3	2	0	7	53,1	22	3	36,3	58	9,5	28	4,6
4	3	0	11	49,7	21	3	26,4	57	9,3	27	4,4
5	4	0	15	46,2	20	3	16,6	56	9,1	26	4,3
6	5	0	19	42,8	19	3	6,8	55	9,0	25	4,1
7	6	0	23	39,3	18	2	56,9	54	8,8	24	3,9
8	7	0	27	35,9	17	2	47,1	53	8,6	23	3,8
9	8	0	31	32,4	16	2	37,3	52	8,5	22	3,6
10	9	0	35	29,0	15	2	27,4	51	8,4	21	3,4
11	10	0	39	25,6	14	2	17,6	50	8,2	20	3,3
12	11	0	43	22,1	13	2	7,8	49	8,0	19	3,1
13	12	0	47	18,7	12	1	58,0	48	7,9	18	3,0
14	13	0	51	15,2	11	1	48,1	47	7,7	17	2,8
15	14	0	55	11,8	10	1	38,3	46	7,5	16	2,7
16	15	0	59	8,3	9	1	28,5	45	7,4	15	2,5
17	16	1	3	4,9	8	1	18,6	44	7,2	14	2,3
18	17	1	7	1,4	7	1	8,8	43	7,0	13	2,2
19	18	1	10	58,0	6	0	59,0	42	6,9	12	2,0
20	19	1	14	54,6	5	0	49,2	41	6,7	11	1,8
21	20	1	18	51,1	4	0	39,3	40	6,6	10	1,6
22	21	1	22	47,7	3	0	29,5	39	6,4	9	1,5
23	22	1	26	44,2	2	0	19,7	38	6,2	8	1,3
24	23	1	30	40,8	1	0	9,8	37	6,1	7	1,2
25	24	1	34	37,3				36	5,9	6	1,0
26	25	1	38	33,9				35	5,7	5	0,8
27	26	1	42	30,4				34	5,6	4	0,7
28	27	1	46	27,0				33	5,4	3	0,5
29	28	1	50	23,6				32	5,2	2	0,3
30	29	1	54	20,1				31	5,1	1	0,2
31	30	1	58	16,7							
	31	2	2	13,2							

IX. Tafel.

Zeit.	Bogen.	Zeit.	Bogen.		Zeit.	Bogen.		Zeit.	Bogen.
Stunden.	Grade.	Min. Sek.	Gr. Min.	Min. Sek.	Min. Sek.	Gr. Min.	Min. Sek.	Sek.	Sek.
1	15	1	0	15	31	7	45	0″.1	1″.5
2	30	2	0	30	32	8	0	0 .2	3 .0
3	45	3	0	45	33	8	15	0 .3	4 .5
4	60	4	1	0	34	8	30	0 .4	6 .0
5	75	5	1	15	35	8	45	0 .5	7 .5
6	90	6	1	30	36	9	0	0 .6	9 .0
7	105	7	1	45	37	9	15	0 .7	10 .5
8	120	8	2	0	38	9	30	0 .8	12 .0
9	135	9	2	15	39	9	45	0 .9	13 .5
10	150	10	2	30	40	10	0	1 .0	15 .0
11	165	11	2	45	41	10	15		
12	180	12	3	0	42	10	30		
13	195	13	3	15	43	10	45		
14	210	14	3	30	44	11	0		
15	225	15	3	45	45	11	15		
16	240	16	4	0	46	11	30		
17	255	17	4	15	47	11	45		
18	270	18	4	30	48	12	0		
19	285	19	4	45	49	12	15		
20	300	20	5	0	50	12	30		
21	315	21	5	15	51	12	45		
22	330	22	5	30	52	13	0		
23	345	23	5	45	53	13	15		
24	360	24	6	0	54	13	30		
		25	6	15	55	13	45		
		26	6	30	56	14	0		
		27	6	45	57	14	15		
		28	7	0	58	14	30		
		29	7	15	59	14	45		
		30	7	30	60	15	0		

X. Tafel a.

Höhe.		A.	B.	C.
90°	0′	1.76156	—	—
80	0	1.76154	—	—
70	0	1.76149	—	—
60	0	1.76139	—	—
50	0	1.76119	—	—
45	0	1.76104	1.0018	—
40	0	1.76082	1.0023	—
35	0	1.76050	1.0031	—
30	0	1.76001	1.0046	—
28	0	1.75973	1.0054	—
26	0	1.75939	1.0063	—
24	0	1.75897	1.0075	—
22	0	1.75842	1.0092	—
20	0	1.75771	1.0111	—
18	0	1.75675	1.0139	—
16	0	1.75543	1.0175	—
15	0	1.75457	1.0197	—
14	0	1.75355	1.0220	—
13	30	1.75295	1.0235	—
13	0	1.75209	1.0252	1.0026
12	30	1.75155	1.0272	1.0028
12	0	1.75072	1.0299	1.0029
11	50	1.75043	1.0308	1.0030
11	40	1.75013	1.0318	1.0030
11	30	1.74981	1.0328	1.0031
11	20	1.74974	1.0338	1.0032
11	10	1.74912	1.0347	1.0033
11	0	1.74876	1.0357	1.0034
10	50	1.84839	1.0367	1.0035
10	40	1.74799	1.0377	1.0036
10	30	1.74757	1.0387	1.0037
10	20	1.74714	1.0398	1.0038
10	10	1.74670	1.0409	1.0039
10	0	1.74623	1.0420	1.0040
9	50	1.74573	1.0431	1.0041
9	40	1.74521	1.0442	1.0042
9	30	1.74468	1.0454	1.0043
9	20	1.74412	1.0466	1.0045
9	10	1.74352	1.0479	1.0047
9	0	1.74288	1.0498	1.0049

Höhe.	A.	B.	C.	Höhe.	A.	B.	C.
9° 0′	1.74288	1.0498	1.0049	6° 40′	1.72974	1.0815	1.0081
8 50	1.74223	1.0508	1.0050	6 30	1.72832	1.0846	1.0084
8 40	1.74155	1.0523	1.0052	6 20	1.72681	1.0879	1.0088
8 30	1.74083	1.0540	1.0054	6 10	1.72519	1.0914	1.0092
8 20	1.74007	1.0559	1.0056	6 0	1.72346	1.0951	1.0096
8 10	1.73928	1.0579	1.0058	5 50	1.72160	1.0992	1.0100
8 0	1.73845	1.0600	1.0060	5 40	1.71961	1.1036	1.0105
7 50	1.73757	1.0622	1.0062	5 30	1.71749	1.1082	1.0110
7 40	1.73663	1.0646	1.0065	5 20	1.71522	1.1130	1.0115
7 30	1.73564	1.0671	1.0067	5 10	1.71279	1.1178	1.0121
7 20	1.73459	1.0697	1.0070	5 0	1.71020	1.1229	1.0127
7 10	1.73349	1.0725	1.0073				
7 0	1.73229	1.0754	1.0075				
6 50	1.73105	1.0784	1.0078				
6 40	1.72974	1.0815	1.0081				

C ist für Höhen von 90° bis 13° stets gleich der Einheit.

X. Tafel b.

Centes.	D.
— 35°	+ 0.00246
— 30	+ 0.00211
— 25	+ 0.00176
— 20	+ 0.00140
— 15	+ 0.00105
— 10	+ 0.00070
— 5	+ 0.00035
0	0
+ 5	— 0.00035
+ 10	— 0.00070
+ 15	— 0.00105
+ 20	— 0.00140
+ 25	— 0.00175
+ 30	— 0.00210
+ 35	— 0.00244

X. Tafel c.		X. Tafel d.			
Par. Lin	E.	Centes.	F.	Centes.	F.
315	— 0.02445	— 35°	+ 0.07373	0°	+ 0.01448
316	— 0.02302	— 34	+ 0.07192	+ 1	+ 0.01290
317	— 0.02170	— 33	+ 0.07012	+ 2	+ 0.01133
318	— 0.02033	— 32	+ 0.06833	+ 3	+ 0.00976
319	— 0.01897	— 31	+ 0.06654	+ 4	+ 0.00820
320	— 0.01761	— 30	+ 0.06476	+ 5	+ 0.00664
321	— 0.01625	— 29	+ 0.06298	+ 6	+ 0.00509
322	— 0.01490	— 28	+ 0.06122	+ 7	+ 0,00354
323	— 0.01356	— 27	+ 0,05946	+ 8	+ 0.00200
324	— 0.01221	— 26	+ 0.05771	+ 9	+ 0.00047
325	— 0.01088	— 25	+ 0.05596	+ 10	— 0,00106
326	— 0.00954	— 24	+ 0,05423	+ 11	— 0.00259
327	— 0.00821	— 23	+ 0.05249	+ 12	— 0.00410
328	— 0.00689	— 22	+ 0,05077	+ 13	— 0,00562
329	— 0.00556	— 21	+ 0.04905	+ 14	— 0,00713
330	— 0.00425	— 20	+ 0,04734	+ 15	— 0,00863
331	— 0.00293	— 19	+ 0,04564	+ 16	— 0,01013
332	— 0.00162	— 18	+ 0.04394	+ 17	— 0,01162
333	— 0,00032	— 17	+ 0.04225	+ 18	— 0.01311
334	+ 0.00099	— 16	+ 0.04057	+ 19	— 0,01459
335	+ 0.00228	— 15	+ 0.03889	+ 20	— 0.01607
336	+ 0,00358	— 14	+ 0,03722	+ 21	— 0,01754
337	+ 0.00487	— 13	+ 0.03556	+ 22	— 0.01901
338	+ 0.00616	— 12	+ 0,03390	+ 23	— 0.02047
339	+ 0.00744	— 11	+ 0.03225	+ 24	— 0,02192
340	+ 0,00872	— 10	+ 0.03060	+ 25	— 0,02338
341	+ 0.00999	— 9	+ 0.02896	+ 26	— 0.02483
342	+ 0.01127	— 8	+ 0,02733	+ 27	— 0,02627
343	+ 0,01253	— 7	+ 0.02570	+ 28	— 0.02771
344	+ 0.01380	— 6	+ 0,02408	+ 29	— 0,02914
345	+ 0.01506	— 5	+ 0.02247	+ 30	— 0.03057
346	+ 0,01632	— 4	+ 0,02086	+ 31	— 0,03200
347	+ 0.01757	— 3	+ 0.01926	+ 32	— 0,03342
348	+ 0.01882	— 2	+ 0.01766	+ 33	— 0,03483
349	+ 0,02007	— 1	+ 0.01607	+ 34	— 0.03624
350	+ 0,02131	0	+ 0,01448	+ 35	— 0,03765

XI. Tafel a.

Aberration.

Argument: Länge der Sonne = ⊙

	0z	VIz	Iz	VIIz	IIz	VIIIz	
	Log. a	A +	Log. a	A +	Log. a	A +	
0°	1,2690	0° 0′	1,2790	2° 11′	1,2977	2° 6′	30°
1	1,2690	0 5	1,2796	2 14	1,2983	2 3	29
2	1,2691	0 11	1,2802	2 16	1,2988	2 0	28
3	1,2692	0 16	1,2808	2 18	1,2993	1 57	27
4	1,2692	0 22	1,2815	2 20	1,2998	1 54	26
5	1,2693	0 27	1,2821	2 21	1,3003	1 51	25
6	1,2695	0 32	1,2827	2 23	1,3008	1 47	24
7	1,2696	0 37	1,2834	2 24	1,3012	1 44	23
8	1,2698	0 43	1,2840	2 25	1,3017	1 40	22
9	1,2700	0 48	1,2847	2 26	1,3021	1 36	21
10	1,2703	0 53	1,2853	2 27	1,3025	1 32	20
11	1,2705	0 58	1,2860	2 28	1,3028	1 28	19
12	1,2708	1 3	1,2866	2 28	1,3032	1 24	18
13	1,2711	1 8	1,2873	2 28	1,3036	1 20	17
14	1,2714	1 12	1,2879	2 28	1,3039	1 16	16
15	1,2718	1 17	1,2886	2 28	1,3042	1 11	15
16	1,2721	1 22	1,2892	2 28	1,3045	1 7	14
17	1,2725	1 26	1,2899	2 27	1,3048	1 3	13
18	1,2729	1 30	1,2905	2 27	1,3050	0 58	12
19	1,2733	1 34	1,2912	2 26	1,3053	0 53	11
20	1,2738	1 39	1,2918	2 25	1,3055	0 49	10
21	1,2742	1 42	1,2924	2 24	1,3057	0 44	9
22	1,2747	1 46	1,2931	2 22	1,3059	0 39	8
23	1,2752	1 50	1,2938	2 21	1,3060	0 34	7
24	1,2757	1 53	1,2944	2 19	1,3061	0 30	6
25	1,2762	1 57	1,2949	2 17	1,3063	0 25	5
26	1,2768	2 0	1,2956	2 15	1,3064	0 20	4
27	1,2773	2 3	1,2961	2 13	1,3064	0 15	3
28	1,2779	2 6	1,2966	2 11	1,3065	0 10	2
29	1,2785	2 9	1,2972	2 8	1,3065	0 5	1
30	1,2790	2 11	1,2977	2 6	1,3065	0 0	0
	Log. a	A —	Log. a	A —	Log. a	A —	
	Vz	XIz	IVz	Xz	IIIz	IXz	

XI. Tafel b.

Aberration.

Argumente: Summe und Unterschied der Sonnenlänge und der Abweichung des Sterns.

	0^z VI^z − +	I^z VII^z − +	II^z VIII^z − +	
0°	4″,03	3″,49	2″,02	30′
1	4, 03	3, 46	1, 96	29
2	4, 03	3, 42	1, 89	28
3	4, 03	3, 38	1, 83	27
4	4, 02	3, 34	1, 77	26
5	4, 02	3, 30	1, 70	25
6	4, 01	3, 26	1, 64	24
7	4, 00	3, 22	1, 58	23
8	3, 99	3, 18	1, 51	22
9	3, 98	3, 13	1, 45	21
10	3, 97	3, 09	1, 38	20
11	3, 96	3, 04	1, 31	19
12	3, 95	3, 00	1, 25	18
13	3, 93	2, 95	1, 18	17
14	3, 91	2, 90	1, 11	16
15	3, 90	2, 85	1, 04	15
16	3, 88	2, 80	0, 98	14
17	3, 86	2, 75	0, 91	13
18	3, 84	2, 70	0, 84	12
19	3, 81	2, 65	0, 77	11
20	3, 79	2, 59	0, 70	10
21	3, 77	2, 54	0, 63	9
22	3, 74	2, 48	0, 56	8
23	3, 71	2, 43	0, 49	7
24	3, 68	2, 37	0, 42	6
25	3, 66	2, 31	0, 35	5
26	3, 63	2, 26	0, 28	4
27	3, 59	2, 20	0, 21	3
28	3, 56	2, 14	0, 14	2
29	3, 53	2, 08	0, 07	1
30	3, 49	2, 02	0, 00	0
	+ − V^z XI^z	+ − IV^z X^z	+ − III^z IX^z	

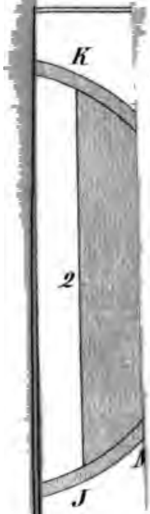
XI. Tafel c.

Nutation.

Argument: Länge des ☊ der ☾Bahn = ☊

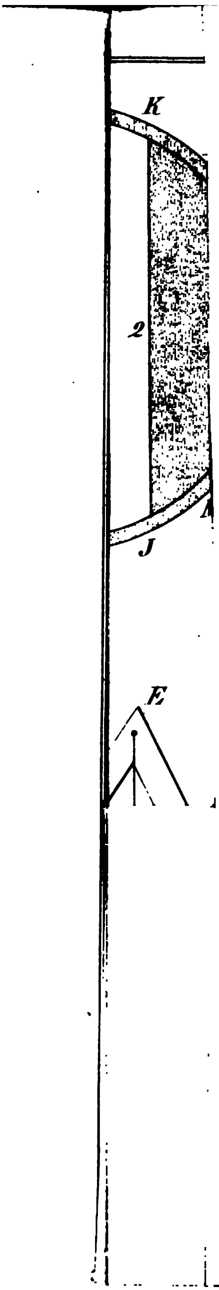
	0ᶻ		VIᶻ	Iᶻ		VIIᶻ	IIᶻ		VIIIᶻ	
	Log. b	B —	c — +	Log. b	B —	c — +	Log. b	B —	c — +	
0°	0,9531	0° 0′	0″,00	0,9275	6° 45′	7″,70	0,8647	7° 48′	13″,33	30°
1	0,9531	0 15	0, 27	0,9258	6 54	7, 93	0,8625	7 40	13, 46	29
2	0,9530	0 31	0, 54	0,9241	7 3	8, 16	0,8604	7 32	13, 59	28
3	0,9529	0 46	0, 80	0,9223	7 12	8, 39	0,8583	7 23	13, 72	27
4	0,9527	1 1	1, 07	0,9205	7 20	8, 61	0,8562	7 14	13, 84	26
5	0,9524	1 16	1, 34	0,9187	7 28	8, 83	0,8541	7 4	13, 95	25
6	0,9521	1 32	1, 61	0,9168	7 36	9, 05	0,8521	6 53	14, 06	24
7	0,9517	1 47	1, 88	0,9146	7 43	9, 26	0,8501	6 42	14, 17	23
8	0,9513	2 2	2, 14	0,9129	7 49	9, 48	0,8482	6 29	14, 27	22
9	0,9508	2 17	2, 41	0,9109	7 55	9, 69	0,8463	6 17	14, 37	21
10	0,9502	2 31	2, 67	0,9089	8 1	9, 90	0,8445	6 3	14, 47	20
11	0,9496	2 46	2, 94	0,9069	8 6	10, 10	0,8427	5 49	14, 56	19
12	0,9489	3 1	3, 20	0,9048	8 10	10, 30	0,8410	5 35	14, 64	18
13	0,9482	3 15	3, 46	0,9027	8 14	10, 50	0,8394	5 20	14, 72	17
14	0,9474	3 29	3, 72	0,9005	9 17	10, 70	0,8378	5 4	14, 80	16
15	0,9465	3 43	3, 98	0,8984	8 20	10, 89	0,8363	4 48	14, 87	15
16	0,9456	3 57	4, 24	0,8962	8 23	11, 08	0,8349	4 31	14, 94	14
17	0,9447	4 11	4, 50	0,8940	8 24	11, 26	0,8336	4 14	15, 00	13
18	0,9437	4 24	4, 76	0,8917	8 25	11, 44	0,8324	3 56	15, 07	12
19	0,9426	4 37	5, 01	0,8895	8 25	11, 62	0,8312	3 38	15, 11	11
20	0,9415	4 50	5, 27	0,8873	5 25	11, 79	0,8302	3 20	15, 16	10
21	0,9403	5 3	5, 52	0,8850	8 24	11, 96	0,8292	3 1	15, 21	9
22	0,9391	5 16	5, 77	0.8827	8 23	12, 13	0,8283	2 41	15, 25	8
23	0,9378	5 28	6, 02	0,8805	8 21	12, 29	0,8275	2 22	15, 28	7
24	0,9365	5 40	6, 26	0,8782	8 18	12, 45	0,8268	2 2	15, 31	6
25	0,9351	5 51	6, 51	0,8759	8 15	12, 61	0,8263	1 42	15, 34	5
26	0,9337	6 3	6, 75	0,8737	8 11	12, 76	0,8258	1 22	15, 36	4
27	0,9322	6 14	6, 99	0,8714	8 6	12, 91	0,8254	1 2	15, 37	3
28	0,9307	6 24	7, 23	0,8692	8 1	13, 06	0,8252	0 41	15, 38	2
29	0,9291	6 35	7, 46	0,8670	7 55	13, 20	0,8250	0 21	15, 39	1
30	0,9275	6 45	7, 70	0,8647	7 48	13, 33	0,8249	0 0	15, 40	0
	Log. b	+ B	— + c	Log. b	B +	— + c	Log. b	+ B	— + c	
	Vᶻ		XIᶻ	IVᶻ		Xᶻ	IIIᶻ		IXᶻ	

Druck von E. Polz in Leipzig.


K
2
J


E

Druck von E. Polz in Leipzig.


K
2
J
E